創造設計Ⅳ　指導マニュアル

エンジニアリングデザインマネジメント入門

金沢工業高等専門学校
機械工学科
Kanazawa Technical College
Department of Mechanical Engineering

はしがき

本教材は、金沢工業高等専門学校機械工学科の４学年用を対象とした、ものづくり教育「創造設計Ⅳ」の教程（案）として編纂したものである。

学生のレベルに対応して記述したが、今後とも改善する必要を否定できない。

ご意見ご指導をお願い申し上げます。

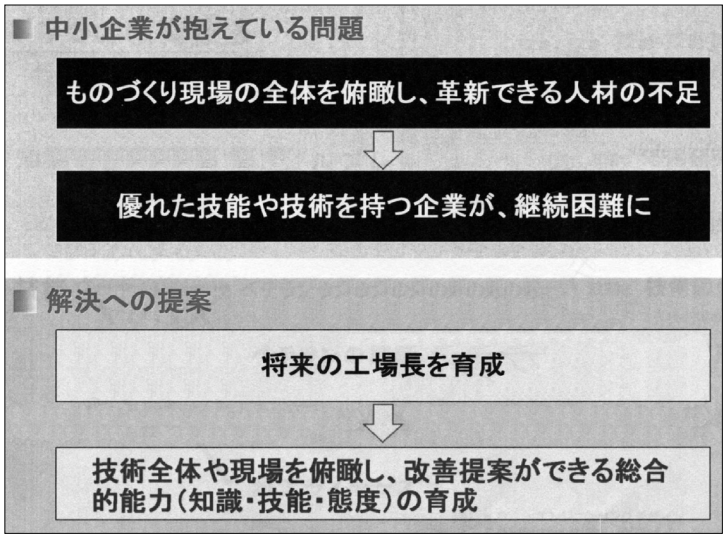
金沢工業高等専門学校の教育目標

「こころ豊かで創造性に富んだエンジニアの育成」

機械工学科の教育目標

「機械工学分野に関する専門的能力を有する実践的技術者の育成」

創造設計Ⅳの教育



創造設計Ⅳの細部教育目標

エンジニアリングデザインおよびエンジニアリングマネジメントの概要を修得するとともに、プロジェクト形式のグループ作業を行い、社会性の体得、システム的基礎知識、作業管理の必要性と要領等を習得し、既習の基礎的な工学知識や技能を発揮する基礎を確立する。具体的なメカトロニクスをグループ独自で製作し、種々の問題についてグループで考え自主解決する。作業や技能の伝承を自主的に管理するためにポートフォリオを作成できる基礎力を養う。

エンジニアリングデザイン・マネジメント教育の目標

顧客の要求に基づき、安全で倫理性に合った顧客が希望する「物」を、システム工学的な思考によって、遅滞無く設計・製作・納入できることを目標とする。

《エンジニアリングデザイン教育の趣旨》

顧客要求を満足するシステム的な「物」を、システム的な手法を用いて設計・製作できること。

《エンジニアリングマネジメント教育の趣旨》

エンジニアリングデザインの各過程における活動を、システム的（ものづくりの全般を俯瞰し総合的）な考え方で管理し、目的にあった製品を所用の時機までに作り出すことを可能にすること。

● 目　次 ●

はしがき
金沢高専のものづくり教育

第１章　金沢高専のものづくり …… 1
１　ものづくりと技術者
２　金沢高専機械工学科の卒業生像

第２章　機械工学科のものづくり …… 5
１　経緯
２　機械工学科創造設計教育体系の改善
2.1　新たな目標と教育体系
2.2　創造設計教育体系で求める具体的技術者象
2.3　新しい創造設計教育の７つ道具

第３章　エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメント … 11
１　はじめに
２　ものづくりの過程とエンジニアリングデザイン・
エンジニアリングマネジメントの関係
３　定義と手法
3.1　エンジニアリングデザインの定義と手法
3.2　エンジニアリングマネジメントの定義と手法
3.3　エンジニアリングデザインを実施する時期
3.4　専門工学活動の統合
3.5　エンジニアリングデザインのマネジメント（技術管理）

**第４章　ものづくりにおけるエンジニアリングデザインと
エンジニアリングマネジメントの相互関係**…… 19
１　計画・実行・管理
２　エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントと関係
３　文書業務の大切さ

第５章　ロボット（メカトロニクス）開発の手法 …… 23
―エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントを生かす―
１　ロボットについて
1.1　ロボットとロボットの歴史的変遷
1.2　ロボットの３原則
1.3　ロボットの分類
1.4　ロボットの基本構成
２　設計及び生産
2.1　設計
2.2　生産の過程
３　ロボットの研究開発過程

４　ロボット開発とエンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントの関係
4.1　目標の分析
4.2　運用要求と期待性能（顧客の要求）
4.3　要求性能
５　マネジメントにおける文書管理
６　ロボット研究開発活動の活動例

第６章　グループ活動で校内案内ロボットを作る …… 33
──創造設計Ⅳにおけるものづくり──

１　創造設計における校内案内ロボット製作の目的
２　プロジェクトチームの編成及びロールプレイ時の扱い
３　研究開発のための学生指導
４　エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメント活動ならびに作業と提出を求める成果物
５　ポートフォリオの活用
６　製作すべき校内案内ロボットに関する課題（顧客要求）
７　決定する仕様（要求性能の概要）と条件
８　製作図の作成
９　回路図の作成
10　モックアップの製作
11　日程計画とWBS
12　技術審査
13　個人レポート
13.1　レポート作成の目的
13.2　レポートの様式等
13.3　表題の書き方（統一と表紙：図23）
13.4　レポート作成の概要
14　プロジェクトレポート
15　製品の取り扱い説明書
16　授業運営の一例

第７章　持続する社会のためのエンジニアリングデザイン … 47

１　科学、技術と哲学
２　技術者と倫理規定
３　参考となるその他の倫理規定
４　技術者と製造物責任
５　継続可能な社会への配慮

第８章　結　　び…… 53

（参考文献）

付　　録…… 57

CHAP
1

金沢高専のものづくり

1 ものづくりと技術者

現在、わが国では、環境問題、資源問題、少子化問題などでものづくり活動が一つの曲がり角に来ている。天然資源の少ないわが国は、21世紀の生き残るため政策として技術立国を標榜し、ひたすらこれに向けて努力した結果、世界でも有数なGDPを保つ先進国に位置することができた。その原動力となったのは、欧米の技術を手本にしたものづくりの成功である。これは、主として欧米において創造された技術や製品を手本にして（リバース・エンジニアリングという技法に近い)、これに日本人の器用さを生かした工夫を加えた日本バージョンが成功した結果であるとも見ることができる。

その結果、今ここに、わが国有史以来初めての物質的な満足感を味わいうる時代が到来したのであるが、平成18年末頃から始まった石油価格の高騰傾向は、経済繁栄の持続という栄光にも翳りを映し始めている。この傾向を改善するために、政府はじめ多くの企業が、創造性ある技術に関し工夫を凝らし始めたことは周知の事実である。生き残るためには独自性ある製品を世に送り出す以外に方策がないといわれている。

今後わが国が、従来どおりものづくりにおいて世界における確固たる地位を維持するためには、創造性を生かした「本物のものづくり」を率先して実施する或いは、実行できる後継者を育成するしかほかに方法はない。しかし、日本人は伝統技術を生かした製品生産には長けているものの、システム的な大規模な工業製品の開発には適していない、或いは家内工業的な生産には問題はないが、組織で実施する製品開発が下手である等といわれてきており、真の技術立国には未だ及ばぬところがある。

上記の２つの事柄は、現代的な工業製品がもはや１人のアイディアや力量のみでは作り出せなくなっていることが原因としてあげられる。**図１**、**図２**及び**表１**はこれらの事実を推定できる資料である。

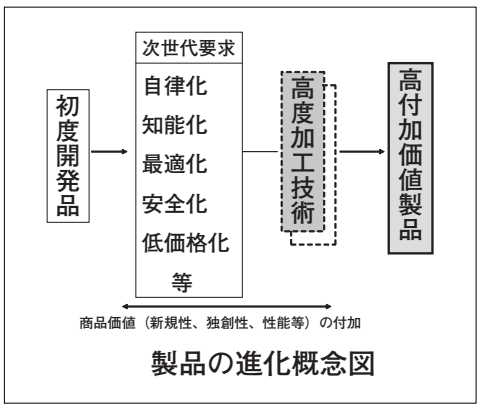


図１ 製品の高付加価値時代の到来

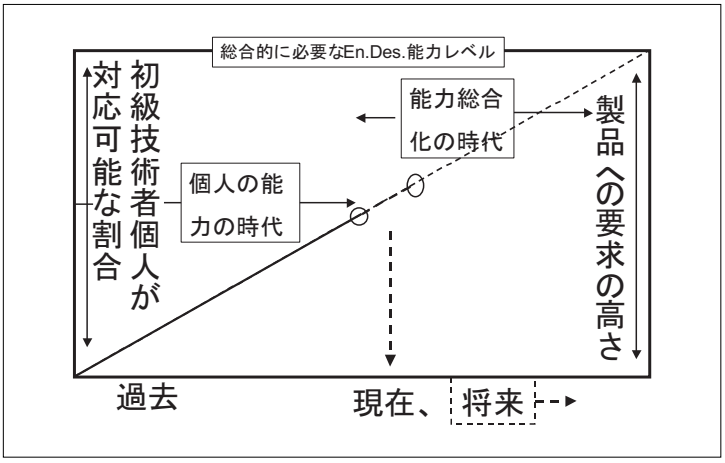


図２ 組織力を発揮したものづくり時代の到来

図１では、顧客要求に対応するには、高い加工技術が必要であることを意味し、それだけでも製品の付加価値を高めることが出来るのである。

図２は、工学の設計自体にも多くの進歩があったものの、個人のみの力は小さく、そのために衆を集めた協同の力によらなければ問題を解決できなくなっていることを意味している。

表１ 飛翔体の進化度合いの計数的表示例

製品の進化度の例（飛翔体）

	第１世代	第２世代	第３世代
飛翔速度	1	2.3	2.5
誘 導 性	1	1.5	2
能　　力	1	1.3	1.7

（註）数字は能力比を示す。

上記の製品開発問題を解決するために、欧米に遅れること数年、わが国でも平成18年以降、急速に、エンジニアリングデザイン、エンジニアリングマネジメント或いはM.O.T（マネジメント・オブ・テクノロジー、マネジメント・オブ・R&Dテクノロジーなどと訳す）などの技術や技法が注目され始めてきている。同時に学界においても、多くの論文講演が実施されるようになった。

金沢高専においては、グループによるものづくりの重要性を早期より認識し、1996年以降、設計製作としていた科目をグループ作業を主体とした創造設計に変更し、システム工学思想を取り入れることにした。同時に、創造設計で育成すべき技術者像を明確にするとともに、教育成果を学会に報告して第３者の評価を受け改善に努めてきた。

2 金沢高専機械工学科の卒業生像（技術者像）

工業高等専門学校の卒業生に関する人材像は、時代とともに進化してきた。本校は、建学綱領「人間形成」、「技術革新」「産学共同」にあるように、卒業時の人間像を最も重視している。創立当初の具体的目標として現場に対応できる「実践的技術者（即戦力となる人材）」像を掲げていたが、1996年の教育改革では、教育目標を「心豊かで、創造性にあふれた技術者の育成」とし、大学卒並の問題提起創造型技術者を目指すことになった。

■ グループによる問題解決能力
■ ニーズの把握能力
■ 情報の収集と分析能力
■ 知識の応用能力
■ 自主的な学習・行動能力
■ プレゼンテーション能力

図３ 技術者に要求される能力（注；金原）

図３は、近年実業界が大学学部卒業生等に要求する技術者像の１例である。

本校機械工学科が求める技術者像とは異なった表現ではあるが、同義とみることができる。機械工学科においては、**図１**の趨勢や地元企業のOJT実施の可能性と実績を考慮し、将来卒業生が地域企業の管理者的立場になりうる創造的初級技術者像のうち、技術的側面の具備すべき資質として、**表２**の主要資質を採り上げることとした。（**付録５**のリーダ及び技術者等のあり方参照）

表２ 機械工学科の初級技術者の技術的主要資質

区　分	概　　要	実現のための学習方法等
倫理観	高い技術者倫理観、常識	技術者倫理科目
経営観	技術・製品開発管理の基礎 企業構成員感覚、経済感覚	MIL-STD-499Aの適用想定方式、Roll Play
社会性	顧客感覚、協働能力	グループ活動
専門知識	メカトロニクス、機械設計技術者３級程度	講義、実習、演習、審査会議、プレゼン
専門技能	機械加工技能	加工ライセンス取得
基礎能力と自主性	記述、読解、計算力、分析力、問題解決力	演習、ポートフォリオ他（創Ⅳ）とキャリヤデザイン連接

CHAP
2

機械工学科のものづくり

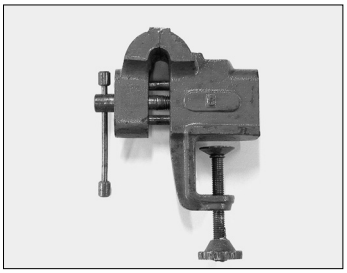
1 経緯

金沢高専機械工学科では、早期からものづくりにおけるシステム思考の重要性を認識し、教育に反映してきた。**表２**に文部科学省が指導する高専卒業生像と、それを実現するために本校が実施してきたものづくり教育のテーマを示す。

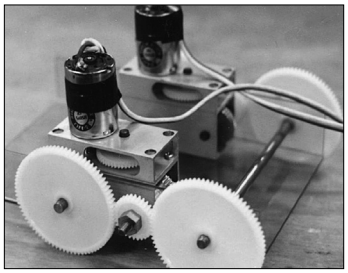
表３ 高専卒技術者像と本校の取り組み

期	年　代	育成目標	テーマの概要
1	～1980	実践的中堅技術者	機械加工実習、万力製作他
2	1981～	問題提起解決志向	機械加工実習、ギヤボックス
3	1996～	問題提起創造型	加工、メカトロ主体、MIL-STD
4	2007～	創造型実践技術者	加工、メカトロ一貫、MIL-STD

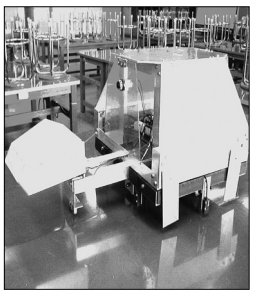
第１期は、設計及び加工技能を重視した時期である。１学年から４学年までのものづくり教育（各学年約４ｈ）を通じ、鋳造～機械加工～仕上げ加工までを体験できることにした。最終的には、**図４a**の万力を個人で仕上げることを目標とした。



（a）第１期作品



（b）第２期作品



（c）第３期作品

図４ 創造設計Ⅳの作品例

第２期は、設計製作の時代で、加工技能の向上も図りつつ、４年次には製品を活用し有線操縦のサッカーロボット（**図４b**）を２人１組で製作した。有線誘導のこのロボットは、単純な機構の中にも加工の山場があり、教育時間の確保には苦慮することがあった。

第３期は、初期のエンジニアリングデザイン思想を考慮した教育体系の時代で、ものづくりの流れを中心とした実務型教育を構築した。即ち、ものづくりにおける顧客、雇用者、製作管理者及び製作者の果たすべき役割を時系列的に捉えて、ものづくりの目的を達成することを重視し、これを演習と創作活動の組み合わせによって実現する方法である。学生の成果物の例を**図４ｃ**に示す。

このうち第３期以降は、創造設計（当時は創造実験と呼称）Ⅰ～Ⅳの科目について、**図５**に示す一貫した考え方のもと焦点を創造設計Ⅳにおいたものづくり教育を進めてきた。積み上げ式に段階を追って専門力を高めた。高度な問題にチャレンジするこの考え方は、現在も変わっていない。

３期では目的を達成するため、顧客要求分析に始まるものづくりの全過程を通じた諸業務を、MIL-STD-499A Engineering Management手法（米空軍研究開発管理手法。現在は廃版。内容：研究開発において納期と品質を保証するため、必要な工学的活動に関して顧客サイドと製作・技術サイドが実施しなければならない事項に関する規定等）を、金沢高専の実情に合わせて修正し適用することとした。

第４期のものづくり教育体系では、学生の育成目標「ものづくりの過程を通じて技術の目利きが出来る実践的技術者の素養を育成する」、及び育成する技術的資質目標は継承することとし、エンジニアリングデザイン教育の取り込みも含め、技術的にも時代へ対応できるものとした。同時に、教育改革で実施中のキャリアデザインや地域企業との連携教育活動も、ものづくり教育と並列させ融合を図ることとした。また、一般的になったメカトロニクスを主題とし、１学年～４学年までの、ものづくり教育を一貫したテーマで積み上げ式に実施することを試み、**図６**に示すものづくり教育体系を確立した。

新体系では、学科全体の教育科目を創造設計を中心としたものづくりを主柱として再構成するとともに、実際のものづくりでは企業の専門家の協力を得る、工学のノウハウの伝承を体験する、エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングデザインマネジメントの考え方を導入する等も取り込んでいる。

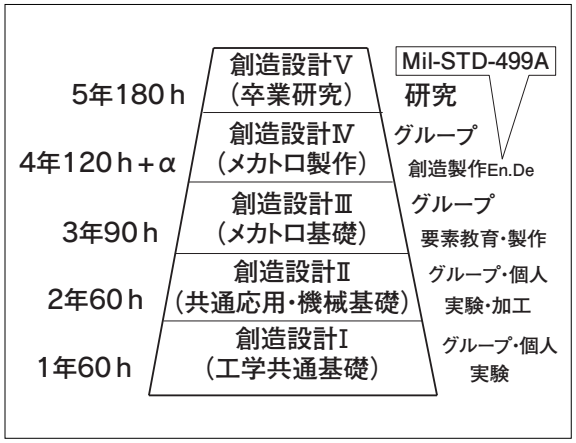


図５ 創造設計教育の積み上げと考え方

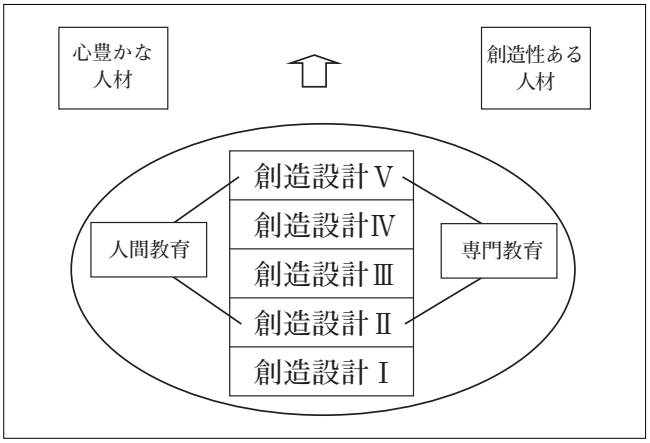


図６ 第４期創造設計教育の考え方

2 機械工学科創造設計教育体系の改善

2.1 新たな目標と教育体系

平成19年、機械工学科は、新たに、産学連携による実践型人材育成教育を企画提案し、文部科学省の支援を得て、教育体系を改善することとなった。

図７は、新たなものづくり教育の目標とその支援体制を、**図８**は教育体系の概要を総括して図示したものである。

機械工学科の創造設計は、倫理観の確立や基礎（加工技術）から始まってエンジニアリングデザインの理論と実技の流れにかかわるものと、それらの結果を応用する卒業研究の段階の２つに区分されている。**図８**の体系のもう１つの特徴は、教育の各段階ごとにPDCAサイクル（**図９**）を導入していることである。

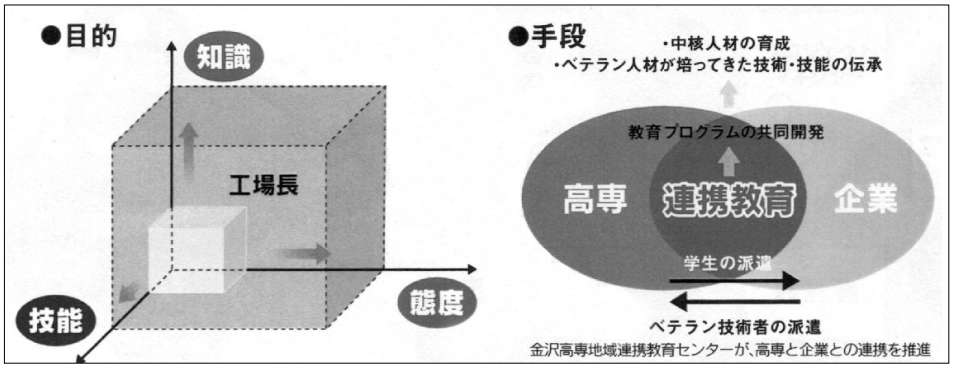


図７ 創造設計の新たな目標と教育支援体制

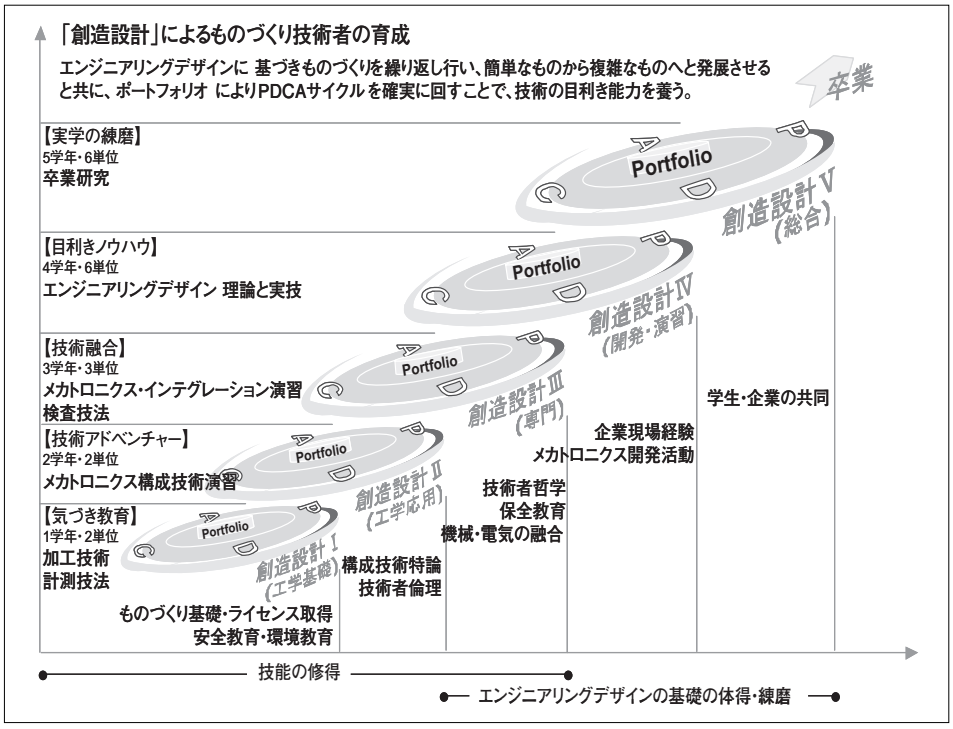


図８ 創造設計教育体系の総括図

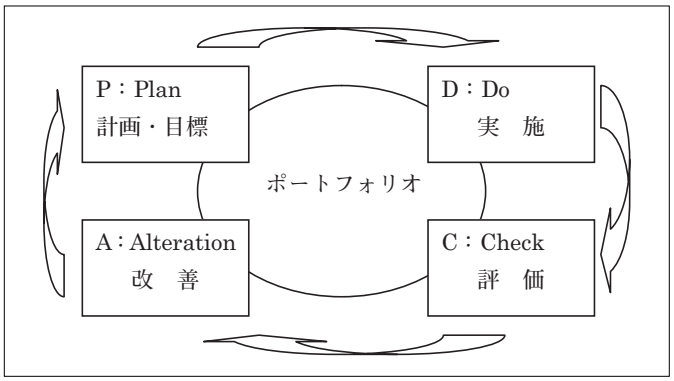


図９ ポートフォリオを活用するPDCAサイクル

図９を必須で実施するとなると、部内外の担当者同士の理念の一本化と言うことになる。

2.2 創造設計教育体系で求める具体的技術者象

図８に示した新創造設計教育体系で追求する望ましい技術者像および、それを達成するための手段の組織関係では、将来を担う技術者育成教育は、単に学校教育のみでは効果的でなく、ノウハウの伝承も含めた実践的教育が必要であるという社会的背景が考慮されている。養成すべき人物像としては、当面地元企業（社員約200名程度まで）の工場長の卵（要員）として具体化した。

企業からのベテラン技術者による講義では、彼等が経験と自社等実例をもとに、教室のみでは学び得ない理論の講義や実践的な伝承教育等を行うこととなっている。

2.3 新しい創造設計教育の７つ道具

創造設計教育では、M.O.T技法のほか、実践的識能を養うために考案した各種の教育技法を取り入れている。連携企業のベテラン技術者等による伝統技法、技能伝承、検図や読図、依託・受託制作方式、プラグイン（モジュール）方式による制御理論実習と機器の開発方法、製作用部品等の自主選択による調達（予算要求行為）、想定方式による問題付与、ポートフォリオ、ブレインストーミング、エンジニアリングデザイン、エンジニアリングマネジメントなどである。（これらの技法の詳細については、**付録１**を参照）

機械工学科ではそれらの中から、**図10**に示した７項目（図中央部に上から下に列挙）については、創造設計教育の７つ道具と略称し、教育技法の中心的役割を持たせている。

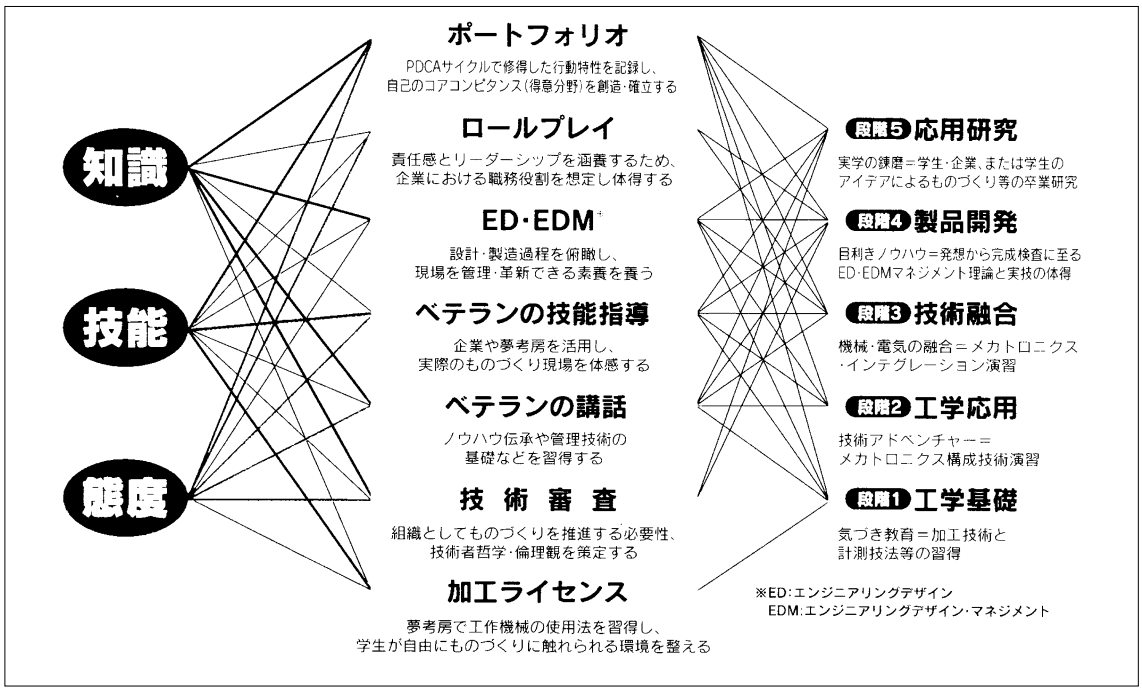


図10 創造設計教育の主要７つ道具

CHAP
3

エンジニアリングデザイン及び エンジニアリングマネジメント

1 はじめに

ものづくりは、オープンエンドで、体系づけられていない工学の過程である。なぜなら、どのようなものづくりにおいても、決して単一の解決策（答）のみでは無い。最も卑近な例は、自動車である。現時点でも、何百種類の乗用自動車が走っているのか正確に答えることができないであろう。車一つにとっても、さまざまな利害関係者がこれに介在するし、まことしやかな数式やCADを使った設計も、ほとんどの場合、特異解しか与えない。にもかかわらず、技術者は顧客の要求を聞き、要求に合った最適なものを提供しなければならないという宿命を持っている。

ものづくりにはこのような特徴があるので、ものづくりに従事する技術者は高度の専門知識を保有していることが必要とされている。しかし、現実は厳しく、上記の要求を一人で満足する完全な技術者はほとんど居ないので、他の補助手段（例えば、複数の技術者がグループで作業する、システム工学の理論を適用した情報処理技術の助けを借りる等）で不足分を補って、ものづくりを推進する必要がある。創造設計教育で学ぶエンジニアリングデザイン・マネジメントの目標は、これらの理論や技法を使って、安全で倫理性に合った、顧客が希望する製品を、遅滞無く設計・製作・納入することである。

2 ものづくりの過程とエンジニアリングデザイン・エンジニアリングマネジメントの関係

ものづくりは、１つの過程を経て実施される。その過程には大別して４種類がある（注；Dym&Little）。これらは、実行の間にフィードバックを掛けたり、まとめを行ったりすることで、過程の経路が一部変更されているものである。

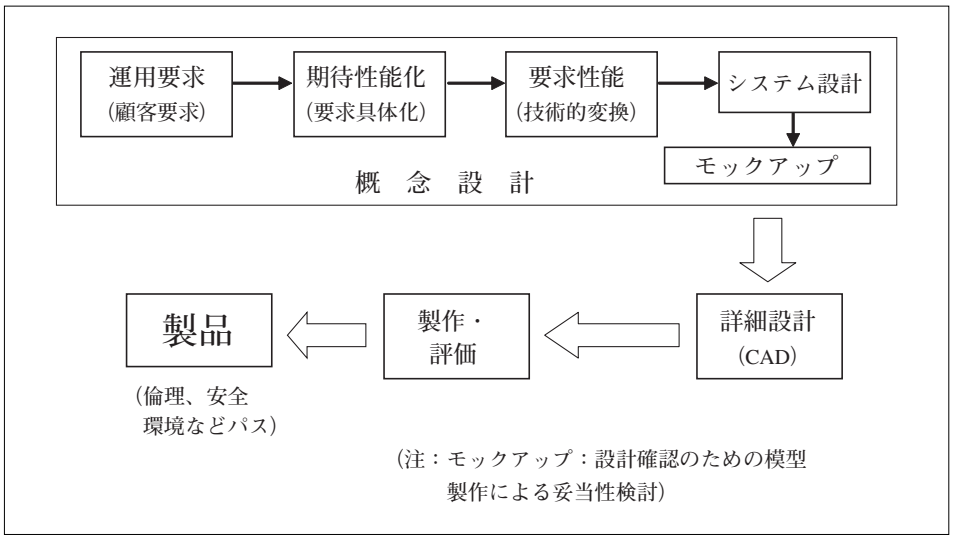


図11 創造設計Ⅳにおけるものづくりのフロー

図11は、創造設計Ⅳにおけるものづくりの過程（フロー）を示している。

この過程の中でエンジニアリングデザインの手法は、主として概念設計の段階に適用し、エンジニアリングマネジメントの手法は、全過程を通じて適用することが望ましいといわれている。

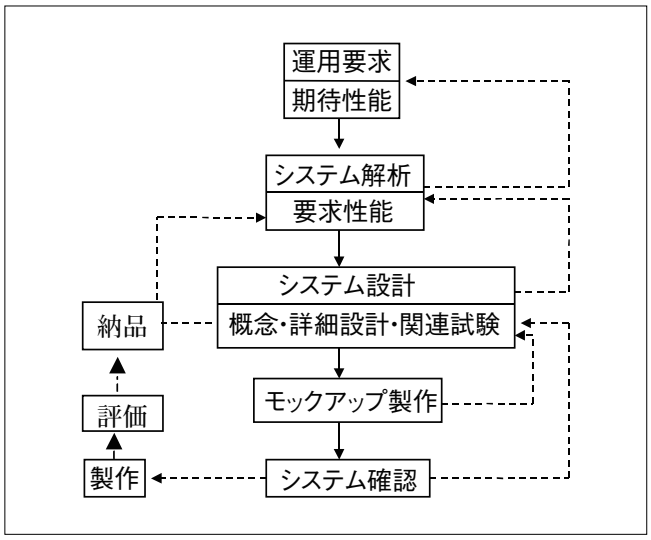


図12 創造設計Ⅳの設計フローの理論的意義（Five Stage Model）

ものづくりにおける意志決定のフローについては、**付録４**の付図と同義であるので、これを参照することが望ましい。

創造設計Ⅳで取り上げている**図11**の設計フローは、理論的にはFive StageModelと呼ばれ、**図12**に示す。

図11および**図12**における「運用要求」、「期待性能」などの技術的な用語の意味については、**付録７**を参照されたい。

3 定義と手法

3.1 エンジニアリングデザインの定義と手法

エンジニアリングデザインは、英語の「Engineering Design」のカタカナ読みである。日本訳では、工学設計や創造設計など多くの表現がある。

機械工学科ではエンジニアリングデザインを「創造設計」と表現し、**図13**のように定義する。本定義は、旧米空軍のMIL-STD-499AやDym＆Littleの定義とほぼ同義である。

> **エンジニアリングデザインとは、**
> 定められた条件の中で、顧客（または自分たち）の目的を達成するために必要な、特別な形または機能を備えた新しい成果物を、体系的かつ十分な科学的思考法を用いて開発し、その性質を試験すること。

図13 エンジニアリングデザインの定義

この定義から、エンジニアリングデザインの趣旨は、

顧客要求を満足するシステム的な「物」を、システム的（科学的）な手法を用いて設計・製作すること

と言いかえることができる。

ここでシステム的（科学的）な手法とは、M.O.Tの各技法（**付録１**参照）に代表されるものを言う。しかし、M.O.Tの技法はそのいずれをとってみても理論が複雑で、手続きが煩雑、処理に時間を必要とするなど、学校教育のレベルで適用するには難がある。そこで学校教育で使用を推奨するシステム的（科学的）な技法として、**表４、表５**に示すいくつかの技法をとりあげる。

これらの手法を使用することは一見煩雑に見えるが、着実に実行すればそれに相応する客観的な成果が得られるので、具体的な手法について承知しておく必要がある。

表４ エンジニアリングデザインの手法（その１）

主使用目的	番号	適用理論あるいは技法名	適　　用
概念設計の確定に使用する。	1	機能分析	イベントシーケンス
	2	要求のマトリクス	要求事項の分類と纏め
	3	目的のツリー（オブジェクティブツリー）	目的達成方法の細分化
	4	一対比較図	優先順位の付加
	5	モーフォチャート	
	6	品質機能配分	品質と機能のトレード
	7	性能スッペック	要求性能の数値表現

表5 エンジニアリングデザインの手法（その2）

主使用目的	番号	適用理論あるいは技法名	備　　考
（概念設計の確定に必要な） 情報の獲得と整理に使用する。	1	文献調査	アイディアの検索
	2	ブレインストーミング	アイディア出し
	3	類推法・置き換え法	アイディアの借用
	4	ユーザ調査とアンケート調査	データ獲得、ユーザ参画
	5	評価基準	判断の客観性保持
	6	リバースエンジニアリング	前例に学ぶ
	7	評価方法の作成	評価の客観性保持
	8	事前の実験	確実性の確保
	9	シミュレーション、PC解析	ケーススタディ、代替案
	10	設計形状の公式発表	安心感の確保、同意獲得

3.2 エンジニアリングマネジメントの定義と手法

エンジニアリングマネジメントは、英語の「Engineering Management」のカタカナ読みである。日本訳では、技術管理活動、工学設計管理あるいは工学活動管理など多くの表現がある。

機械工学科ではエンジニアリングマネジメントを技術管理活動と理解し、「創造設計」の過程の中に含むと解釈し、**図14**のように定義する。

エンジニアリングマネジメントとは、
　エンジニアリングデザインの各段階における計画や活動を、滞りなくおこなうために、システム工学的な分析、最適化及び管理技法を用いて、顧客が要求する時機までに製品を作り出す技術管理活動を言う。

図14 創造設計教育におけるエンジニアリングマネジメントの定義

本定義は、主として旧米空軍のMIL-STD-499Aの定義を基準としている。Dym＆Littleの定義では、「設計管理の手法」としているが、ほぼ同義と考えられる。

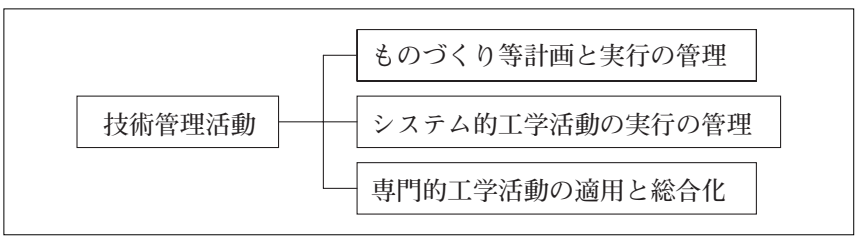


図15 エンジニアリングマネジメント（技術管理活動）の概要

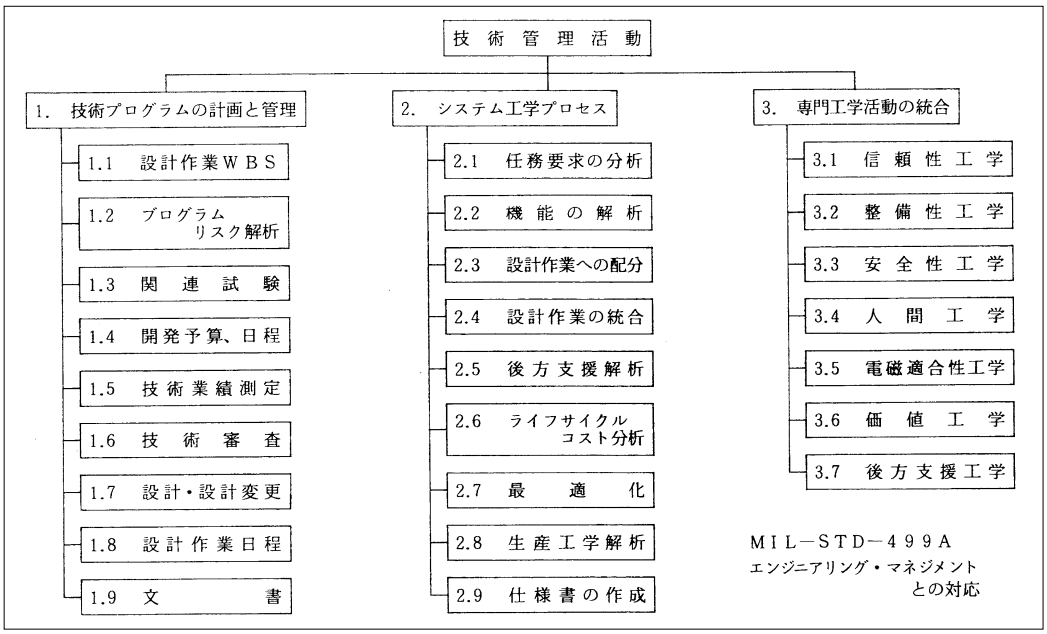


図16 創造設計におけるエンジニアリングマネジメント（技術管理活動）の詳細内容

この定義から、エンジニアリングマネジメントの趣旨は、エンジニアリングデザインの各過程における計画や活動を、システム工学的（ものづくりの全般を俯瞰し総合的）な考え方で管理し、目的にあった製品を所用の時機までに作り出すことと言うことができる。

技術管理活動の概要を**図15**に、その詳細を**図16**に示す。

ここで示した管理活動は、詳細に亘っているため、創造設計については、**表6**に示す内容を重視して実施する。

表6 エンジニアリングマネジメントのための科学的手法主な使用

主使用目的	番号	適用理論あるいは技法名	適　用
グループの構成員の相互理解と仕事、計画、経費の管理に使用する。	1	スケジュール表の作成	仕事終了の責任確認
	2	WBSの明確化	仕事の詳細確認
	3	職務分担表の作成	任務の明確化
	4	組織図と関連活動図の作成	部内、部外の連携プレー
	5	ガントチャートの作成	任務の完遂確認
	6	予算、発注作業の管理	経費管理、資源愛護
	7	技術審査、グループ会議	統制調整の方法
	8	使用技術の点検	技術レベルの維持
	9	文書管理、報告書作成	最終報告

これらの手法を実施することによって、次の効果が得られると言われる。

・重要な決定が組織的に実施され、常に全体を見通したプログラム運営をすることができる。

・システム全体の製作と、部品の製作を並行して行うことができる。

・システム決定に際し、設計のトレードオフや詳細な解析による技術的意見具申がされやすくなる。

・最終報告文書の案を作業と並行して作成することができる。

3.3 エンジニアリングデザインを実施する時期

エンジニアリングデザインの定義は理解したものの、実際には何時・どのような場面に実施するのかという質問がある。既出の**表４**及び**表５**の主使用目的の欄は、その実施時期を示している。また、主な適用範囲をものづくり過程の中で示すと、主として**図17**の太い破線の段階（ものづくりに関する全般および細部構想決定時期）となる。すなわち、エンジニアリングデザインは、主として、顧客から要求を受けた後の運用構想（顧客の要求の再整理と確認）の段階から、システム設計を終了するまでの、概念設計の段階までに多用する。しかし、エンジニアリングデザインの手法は、使用すると効果が高いので何時の段階でも使用することが望まれる。一方直感や簡単な討議によって代替案の確定や進むべき方向が決定できる場合には、わざわざ手間がかかる複雑な手法を使用する必要はない。

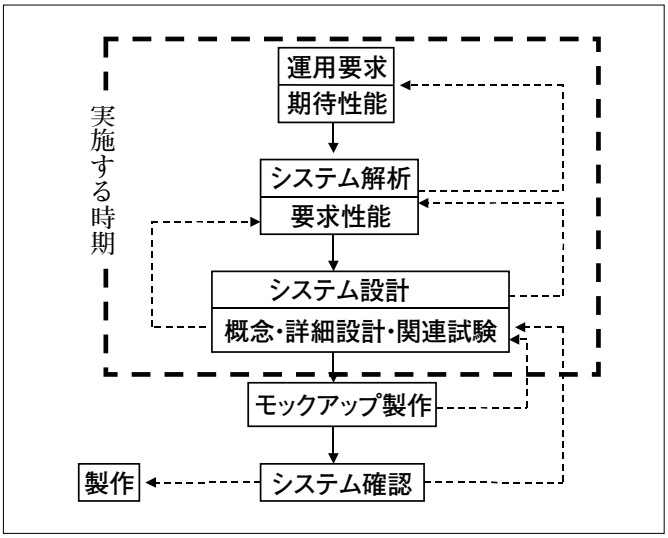


図17 創造設計におけるエンジニアリングマネジメント（技術管理活動）の詳細内容

3.4 専門工学活動の統合

専門工学活動とは、ロボットに関するものづくりのように多岐にわたる種類の専門技術を統合する場合には、前例が見られないような技術的な問題が発生する場合が多い。このような技術的な問題を解決するには、その分野の専門家による解決策の提案を必要とする。メカトロニクス製品の完成試験において、システムの誤作動やモジュールの出力不足などの多発が経験されているが、そのような場合の多くは、専門工学活動が十分に実施されていないことに原因があることが多い。

専門工学活動の種類には、**図16**の右端に示す７項目がある。**付録５**に専門工学活動の主たる分野と内容の概要を示す。

3.5 エンジニアリングデザインのマネジメント（技術管理）

ものづくりを積極的に管理することは、ものづくりのそれぞれのプロセスが複雑で常に遅れがちとなる。一方、およそものづくり（技術の研究開発）は個人的な欲望によってリードされる特性があるので、開発活動の方向を明確に示し、進捗を管理しなければ迷走してしまう。この両者を節調しながらものづくりを進めることが、マネジメントであると言える。

CHAP
4

ものづくりにおけるエンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントの相互関係

1 計画・実行・管理

創造設計教育で学ぶエンジニアリングデザイン・マネジメントの目標は、これらの理論や技法を使って、安全で倫理性に合った、顧客が希望する製品を、遅滞無く設計・製作・納入することである。

事業を計画しその実行を監督することはきわめて大切なことである。業務管理の良否は、企業の死活問題にも直結するからである。一般に組織体では業務の管理のための専門組織を設置しており（たとえば、管理課や総務課など)、専門の管理担当者が業務に従事している。

工場長など企業における管理者は、多くの部門にわたる業務の全体を見て（俯瞰し)、ものづくりを進めることとなっている。

創造設計教育においては、これらのすべてを自己管理しながら実施する。

2 エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントと関係

３章において、エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントの定義と内容及びエンジニアリングデザイン実施の時期について明らかにした。

表４、表５、表６を組み合わせれば、ものづくりにおける両者の関係を明らかにすることができる。

図18は、ものづくりにおけるエンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントの相互関係を示している。このような実行ー管理関係はバランスよく実施されるのが本旨であり、基本的な事項を実施すればよく、過度な管理は慎まなければならない。

しかしながら、立派なプロジェクトは必ず正確な管理がなされていることを考慮すると、ものづくりの過程でも「５S」が行き渡ることが大切である。

3 文書業務の大切さ

マネジメントにおける文書業務は、文書（あるいは電子化によるデータ保存）が情報、見積もり、分析、計算、設計、製図、調整合意事項、計画、条件、原価計算根拠、認可許可事項等、ものづくりに必須な根拠を提供するので、きわめて大切な管理事項である。

最近ではハードコピーを省略し、電子化されたデータのみで処理する傾向にあるが、技術者の作文能力の低下とあいまってデータの相互関係や更新時期のあいまいさから、混乱をきたすことが生起している。電子データ化は便利であるがその取り扱いには十分注意を要する。

エンジニアリング デザイン技法	ものづくり過程	エンジニアリング マネジメント技法	備　考
文献調査	事業打診段階	意思決定技法	経営者
ユーザ調査とアンケート調査		倫理規定	
ブレーンストーミング			
類推法・置き換え法			
ユーザ及びアンケート調査		スケジュール表の作成	
評価基準の作成	運用構想	職務分担表の作成	
リバースエンジニアリング	期待性能	組織図と関連活動図の作成	
評価方法の作成	要求性能	WBSの明確化	
目的のツリー	システム設計	ガントチャートの作成	
一対比較図		技術審査、	
モーフォチャート		グループ会議	
機能分析 品質機能配分		文書に記録	
性能スッペック		使用技術の点検	
事前の実験		予算、発注作業の管理	
シミュレーション、PC解析			
目的のツリー			
事前の実験	細部設計・製図	スケジュール管理	
シミュレーション、PC解析		使用技術の点検	
性能スッペック	製作	予算、発注作業の管理	
加工法	試験評価	グループ会議	
安全規定		専門工学活動	
評価方法		評価技術	
品質機能配分	納入	成果報告書、文書管理	
取り扱い説明書報告書		取り扱い説明書	
		秘密保全	
		パケージ管理	

図18 エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントの関係例

CHAP
5

ロボット（メカトロニクス）開発の手法

エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントを生かす

ロボット（メカトロニクス）に代表される多くの技術を総合した製品を作るためには、システム的な考え方によるものづくりが適当であるといわれる。本章では、エンジニアリングデザインとエンジニアリングマネジメントの理論と手法を活用して、初歩的なロボット（メカトロニクス）を設計製作する要領について、模式的に述べる。

1 ロボットについて

1.1 ロボットとロボットの歴史的変遷

ロボットという言葉は、カレル・チャペックが書いた戯曲に初めて現れ、その意味は強制的に働かされる奴隷機械のことであった。従って、これに対応する製品は、現代の産業用ロボットと考えられる。ISOで合意されている産業用ロボットは、「自動制御によるマニピュレーション機能や移動機能を有し、各種の作業がプログラムできる機械」と定義されている。しかし国際的にはこのような定義が承認されているものの、世界で最も多くのロボットが実用化されている日本においては、未だロボットに関する独自の定義は存在していない。

一方、わが国においては、ロボットが機械的な機能と電気・電子的機能から成り立っていることから、「Mechanics」と「Electronics」の２単語を組み合わせた「Mechatronics（メカトロニクス)」なる和製英語が世界的規模で広まり、現在に至っている。このことは、「鉄腕アトム」に代表される日本人独特のロボット観（ヒューマノイド)」が影響していると思われる。

わが国のロボットに関する歴史的変遷は、機械仕掛けから自動機械（自動人形）を意味するオートマトン、日本に持ち込まれた自動機械はからくりと呼ばれてきた。金沢のからくり師として大野弁吉が有名であり、「茶運び人形」、「万歩計」等の作成が行われた。ついで現在の人間型ロボットの原型で小説の世界の機械人間、すなわち、アンドロイドと続き、人間型ロボットとしてヒューマノイドと変遷してきた。

1.2 ロボットの３原則

ロボットという言葉は、1950年にアイザック・アシモフが提唱した。その後、科学書「サイバネティックス」をあらわしたノーバート・ウィナーは、その中でアシモフのロボットの３原則を紹介している。

ロボットの３原則（要旨）

1　ロボットは、人間に危害を加えてはならない。
2　ロボットは、人間を守らなければならない。
3　ロボットは、人間の命令に服従しなければならない。

図19 ロボットの３原則

1.3 ロボットの分類

日本においてはロボットの定義はされていないが、必要上、分類はなされている。**表７**及び**表８**に、JISの産業用ロボットの分類と日本ロボット工業会の資料による分類および「ロボットの研究者は現代のからくり師か」（梅谷陽二著オーム社）のロボットの効用による分類を示す。

表7 ロボットの一般的分類（JIS B 0134）

用　　語	定　　義
シーケンスロボット	機械の制御状態が、設定した順序・条件に従って進み、１つの状態の終了が次の状態を生成するような制御プログラムを持つロボット
プレイバックロボット	教示プログラムによって記憶したタスクプログラムを、繰り返し実行することができるロボット。
数値制御ロボット	ロボットを動かすことなく順序・条件・I・その他の情報を、数値、言語などによって教示し、その情報に従って作業を行えるロボット。
知能ロボット	人工知能によって行動を決定できるロボット。
感覚制御ロボット	センサ情報を用いて動作の制御を行うロボット。
適応制御ロボット	適応制御機能を持つロボット。
学修制御ロボット	学習機能を持つロボット。
遠隔制御ロボット	オペレータが遠隔の場所から操作することができるロボット。

表8 ロボットの一般的分類（JIS B 0134）

ロボットの区分	分　野	分　類　名
産業用ロボット	製造業分野	溶接システム、塗装システム、研磨バリ取システム、入出庫システム、作業支援組み立てシステム
	非製造業分野	農林業用ロボット、畜産ロボット
非産業用ロボット	生活分野	警備ロボット、掃除ロボット、コミュニケーションロボット、エンターティメントロボット、多目的ロボット
	医療・福祉分野	医療ロボット、福祉ロボット
	公共分野	災害対応ロボット、海洋ロボット、原子力ロボット、学修ロボット建設ロボット

（日本ロボット工業会資料より）

1.4 ロボットの基本構成

ロボットのメカトロニクスシステムを構成する要素を**表９**に示す。

① メカニズム：ロボットの指、腕、腕の接合、台座腕などの動きを可能にする機械的構造である。

② アクチュエータ：台座から上のボディ、腕、指などを動かすモータやソレノイド。

③ パワー源：モータを動かす電源、油空圧系を動かす油空圧源。

④ センサ：ロータリエンコーダやタコジェネなどの回転角度や回転角速度を検出し、ロボットの動きをとらえる、あるいは外部情報を検出しロボットの動きの資料を得る。

⑤ コンピュータ：ロータリエンコーダ、タコジェネレータ、センサなどからの信号で現在の状態を把握し、ロボットを望ましい状態にしたり、ある目的に向かって動かすためにはどうしたらよいかを計算し、判断する。

表９は、６～７名程度の構成員を有するロボット開発チームが開発するロボットを念頭に置いた、ロボットの基本構成を示している。

表９ ロボットの基本構成

区　分	名　称	備　考
機構	メカニズム	ロボットの構造形成部
	構造	
パワー源、機動足回り	アクチュエータ	ロボットの作動部
	電源	
制御	センサ	ロボットの知能部
	コンピュータ	

2 設計及び生産

2.1 設計

設計は、機械に要求されていることがらをまとめた仕様に基づいて行われる。設計の要点は次の５つをあげることができる。

① 機械の使用目的によく合致した機構を選ぶこと
② 機械各部に働く力を考えて、それぞれに適した材料を選び、その形状・大きさを決定すること
③ 加工・組立、操作、修理などが、なるべく容易にできること
④ 製品の標準化および生産費の低下をはかること
⑤ 機械全体について新しい構想を生みだし、形状や色彩の調和をはかる

2.2 生産の過程

図20に生産の過程を示す。製作図の作成（量産設計）以降については、製品が正しく納品されることを主眼に、生産工程を管理することになる。

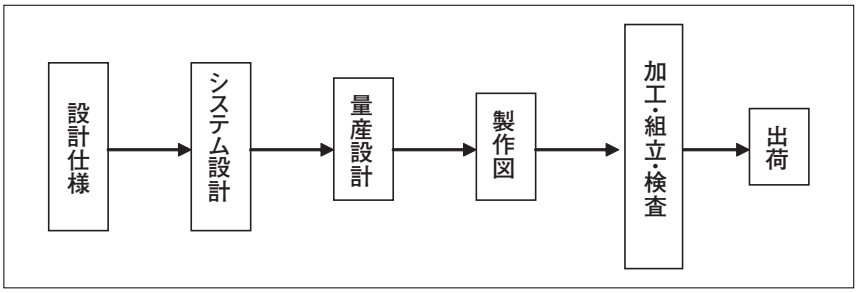


図20 生産の過程

3 ロボットの研究開発過程

ものづくりの主題としてロボットを選定する場合には、製作過程の複雑さから、ロボットの研究開発と呼ぶことがふさわしい。

創造設計教育で行うものづくり（研究開発）の過程は、**図21**及び**付録２付図１**に従うものとする。

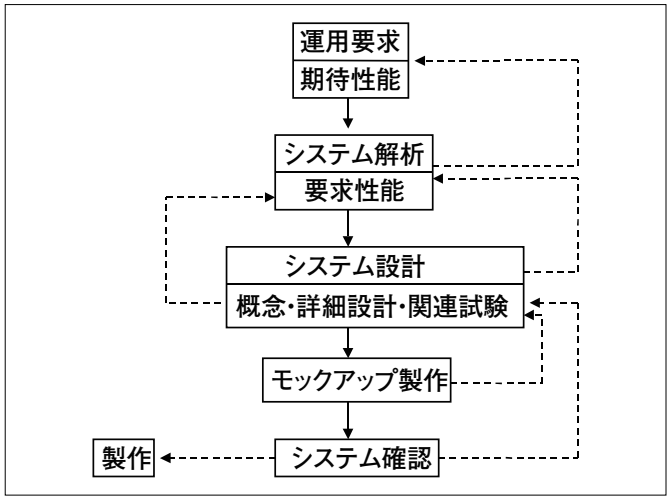


図21 （既出図13）ロボット研究開発過程（Five Stage Model）

実際に、システム的な品物の研究開発を担当する場合には、このような研究開発過程を遅滞無く正確・着実に実施することが、目的達成（成功）への鍵であることがわかる。ここにおけるプロジェクトマネージャの仕事は、設計や個々の技術的な問題解決よりも、プロジェクトの進捗を図ることであるといっても過言ではない。

4 ロボット開発とエンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントの関係

4.1 目標の分析

顧客要求の多くは、内容が感覚的で十分に整理されていない場合が多い。顧客が望む性能も明確に区分されていないし、抜けていることが多い。また状況によっては倫理、道徳及び安全に関する常識にも反することがある。

従って、顧客要求に関し関連情報を収集調査すると共に顧客と十分なコミュニケーションを図って、要求とそれに含まれる問題を明確化することが必要である。

4.2 運用要求と期待性能（顧客の要求）

運用要求や期待性能は、ものづくりの発端となるものであり、通常は顧客が作成するが、システム的なものづくりにおいては、顧客の要求に基づき顧客とプロジェクトマネージャが協議して作成することもある。

（1）運用要求

運用要求及び期待性能は、共に顧客の要求を明らかにしたものであるが、運用要求はものづくりに必要な先行的な基礎研究成果を待つ必要がある場合に作る、顧客要求の概要をまとめたものである。内容は煮詰まっていないため要求を主体としており、顧客は、基礎研究の結果も活用しようと考えている。運用要求の１例を**付録7.1**に示す。

（2）期待性能

一方、期待性能は顧客の要求を文章化したもので、要求の目的、使用条件、必要性を重視し、性能の概要、予算なども含む内容となっている。顧客が技術的な知識や経験に富んでいる場合には、期待性能の中に独自の見解を入れることを望むことがある。システムで構成されるロボットのものづくりでは、技術的な総合が必要であり、過度な顧客の技術的要求に対しては十分な調整が必要である。

期待性能作成の段階では、顧客自体がものづくり代替案を持っている場合があるが、いずれも感覚的なものが多いので、調整に当たっては技術的な回答を用意する必要がある。期待性能の１例を**付録7.2**に示す。

4.3 要求性能

要求性能は、ロボットの研究開発に当たり顧客の要求を技術的な見地から実現の可能性を含めて、具体的なデータとして明らかにしたものである。

要求性能は、目的、条件、必要性、性能諸元（スッペク）予算及び爾後の計画等を詳しく述べるものとなっている。顧客とプロジェクト側の十分な調整のうえで作成された要求性能は、爾後の研究開発に当たっても開発の根拠として活用される。一方、検討不十分で決定した内容を含む要求性能は、研究開発の過程で常にトラブルの原因となりやすい。要求性能の決定に際しては、リバースエンジニアリングや推定・置き換えなどのシステム工学的論理を適用して検討することが大切である。要求性能の１例を**付録7.3**に示す。

5 マネジメントにおける文書管理

研究開発活動は、技術者の個人的な技術的な欲望によって推進される行動である。１つの目標に向かって進むためには、プロジェクトマネージャの強い指導と、常に参考になる客観的なデータが必要である。客観的なデータは、技術審査のたびに必要となるので、常に保存に心がける必要がある。特に電子化されたデータには更新時期を記入しておくこと及び複製とオリジナルの区別を明らかにしておくことが大切である。

４章に述べた文書管理を５章でとり上げる意味がここにある。

6 ロボット研究開発活動の活動例（ものづくりに必要な技法は実際にどのように使われるか）

ロボット製作のためのエンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメント活動ならびに作業と提出を求める成果物（開発作業の結果や書類）の関係例を**図22**に示す。

図22 ロボット製作のためのエンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメント活動ならびに作業と提出を求める成果物の関係例

CHAP
6

グループ活動で校内案内ロボットを作る

創造設計IVにおけるものづくり

グループ活動で校内案内ロボットを作る

1 創造設計における校内案内ロボット製作の目的

学校の中がわからない来客者に対して、１階の高専玄関から事務前まで案内するマスコットを兼ねたロボットを、チームで製作する。**図22**の要領に従ってチームでロボット製作することにより社会性、システム的知識、作業管理の必要性および基礎的な工学知識や技能を習得する。

2 プロジェクトチームの編成及びロールプレイ時の扱い

チームは班長（兼務）と構造班２名と機構班２名および制御班２名の６～７名で構成する。各班内の任務は、班長が決定する。

チーム編成はロボット製作時には固定するものとし、ロールプレイを実施する際には、一時的にチームの編成を解くものとする。

3 研究開発のための学生指導

基本はチームの創造性を優先し、教員はアドバイザーに徹する。

4 エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメント活動ならびに作業と提出を求める成果物

研究開発活動に当たっては、**図22**に順ずるものとし、ロールプレイ、プレゼンテーションならびに技術審査などのエンジニアリングマネジメント活動を行う。成果物として、命題にあったロボットを製作し、発表する。

5 ポートフォリオの活用

ロボットの研究開発過程の全般を通じ、ポートフォリオによるキャリアデザインに資する資料を蓄積する。（**付録1.7**参照）

6 製作すべき校内案内ロボットに関する課題（顧客要求）

（1）学校の中がわからない来客者に対し、１階の高専玄関から事務局前まで案内するマスコットを兼ねたロボット
（2）パフォーマンスを織り込む
（3）オイルレスで重量５kg以内の子供の大きさ
（4）自立型の校内案内ロボット
（5）価額は、１機８万円以下とする
（6）リサイクル品の活用を奨励する

7 決定する仕様（要求性能の概要）と条件

以下の期待性能の概要に基づき、案内ロボットの使用現場や使用状況を考察させて、要求性能を決定させる。
（1）構成
ロボットは構造（筐体と足回り）とパフォーマンスの機構および制御部（センサを含む）から成り立つ
（2）走行性能
安全な速度を決定し、使用するモータから減速ギヤとタイヤの直径の算出をする。
（3）接客性能（パフォーマンス）
来客の興味を引く「応対」、「動作」ができ「安全」であること。
（4）動力源の決定
（5）ロボット作動ブロック図の作成
（6）概観および足回りのポンチ絵の作成
（7）機構のポンチ絵の作成

8 製作図の作成

機構のそれぞれの部分について、製作図を作成する。

9 回路図の作成

モータ出力回路の製作図（実体図を含む）などを作成する。

10 モックアップの製作

構想確認のため、モックアップを製作する。モックアップは主として発泡スチロール樹脂で製作し、技術審査以後は展示しておく。

11 日程計画とWBS

（1）全般計画（カレンダー）
全般計画を１表にした研究開発全日程を作成し、工程管理の資料とする
日程表の形式は自由とする
（2）ガントチャート
ガントチャートを用いて細部の研究開発計画と日程計画を作成する
（3）システム設計に関するWBSを作成する

12技術審査

エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントの手法が正しく行われているかどうかを判断するために、技術審査は約４回行う。

第１回目は仕様および構想の発表で主に実現性の検討を行う。

第２回目は図面や部品発注および日程計画を主に行う。

第３回目は製作過程の問題点の検討のために行う。

第４回は最終発表の技術審査となる。

その他臨時の審査を複数計画する。

13個人レポート

13.1 レポート作成の目的

ものづくり授業（創造設計IV）において、修学した結果をまとめ報告書を作成することを通じ、ものづくりにおける「創造」、「企画」、「設計」、「製作」、「報告」の活動過程を明らかにすると共に、ポートフォリオを活用してロジェクト構成員としての自己の年間活動記録を作成する。

13.2 レポートの様式等

① 様式：A-４レポート用紙、横書き、表紙を付ける。
② 記述：手書きまたはワープロ（HB以上の濃い鉛筆又はボールペン）
③ 写真及び図表等：A-４サイズにコピー又は書写して頁に挿入するか、或いはA-４レポート用紙に貼付する。
④ レポートの型式
自由（但し、表題、氏名の記述は統一する。）
⑤ レポートの分量
本文：Ａ４レポート用紙５枚以上。付録図表等：制限しない。
⑥ レポートの記述文形式：文語調（例である。となる。図５に示す。）
⑦ 参考文献の書き方
参考書がある場合には、次のようにレポートの最後尾に書く。
論文の場合：著者名、表題、出典名、巻番号、号数（発表年）記載頁
本の場合：著者名、題名、発行所名、発行所所在地（発行年）記載頁

13.3 表題の書き方（統一と表紙：図23）

創造設計、報告書
―校内案内ロボットの設計製作―

（第○班、制御担当）
平成17年２月　日（提出日の日付）
Ｍ４ 15番　山川太郎

図23 表紙の統一書式

13.4 レポート作成の概要

（1）個人の役割に関連したレポート。

活動内容及び実体はポートフォリオを参考に書く

A-4 レポート用紙に書き、レポートには関連する図面、回路図を含む

（2）レポート記述内容の１例

① 製作活動の目的

② 製作活動の前提

班の構成、自己の役割分担

③ 役割分析

自己の任務の内容、最低限達成しなければならない任務内容、

達成することが望ましい任務内容

グループ作業実施時の心構え

④ 設計・製作すべきロボットの概要、製作計画

ロボットの要求性能、設計計画表

⑤ 自己が分担すべき設計・製作内容、細部製作計画

分担する内容の細部要求、分担する内容の細部設計製作計画

⑥ 分担した内容の作業実施状況

毎日のポートフォリオ表のまとめ

⑦ 作業実施結果

分担した設計書（設計図の写し）、ノートの写し、加工結果（概要スケッチ又は写真）

⑧ 完成試験結果

⑨ 考　察

作業の各過程での考察

グループ作業の考察

提案

⑩ 感　想

14 プロジェクトレポート

プロジェクト活動の結果を時系列順にまとめる。

15 製品の取り扱い説明書

構内案内ロボットの設置から作動、案内、任務終了、撤去までの取扱説明書及び整備の要点を述べた「校内案内ロボット取り扱い説明書」を作成する。

16 授業運営の一例

ものづくり教育においても、学生の知識水準を見ながら教育を実施することが大切である。
金沢高専機械工学科においては、教育対象学生のレベルを考慮しつつその年度の教育計画を作成している。
教育計画の一例を**図24-1**および**図24-2**に示す。
シラバスの１例を**図25**に示す。

回	日	主な内容	備考
第０１回	０４／１２	・教育支援計画書説明 ・校内案内ロボット製作の意義と事例 ・製作日程概要説明 ・ポートフォリオ等の記入法説明	・説明パワーポイント有り ・ポートフォリオ用紙有り
第０２回	０４／１９	・一般的な設計手順の説明 ・校内案内ロボット（以下ロボット）構成手順書説明 ・グループの構成（抽選により決定） ・ブレーン・ストーミングの方法説明	・説明パワーポイント有り ・構想手順書有り ・ブレーン・ストーミング方法説明書あり
第０３回	０４／２６	・班構成（班長・構造・機構・制御各班の担当決定） ・ロボット製作のためのブレーン・ストーミング実施 ・ロボット作動ブロック図の説明 ・ロボットの外観ポンチ絵の説明 ・ロボットのパフォーマンス機構の例および説明	・説明パワーポイントあり ・作動ブロック図例有り ・ポンチ絵例有り
第０４回	０５／１０	・製作予定ロボットの概要発表準備 ブレーン・ストーミングのまとめ 構想手順書の作成 作動ブロック図の作成 ロボット外観ポンチ絵の作成 パフォーマンス機構のポンチ絵作成など	
第０５回	０５／１７	・第１回技術審査発表準備 前回の作成書の内容検討 発表用パワーポイント作成	
第０６回	０５／２４	・第１回技術審査 班長の発表（発表：１０分、質問５分）	・評価表有り
第０７回	０５／３１	・技術審査を受けての改善検討 ・ＣＡＤソフトの説明（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図説明（制御班）	・実体回路図例有り
第０８回	０６／０７	・ＣＡＤ製図（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図製作（制御班） ・制御用周辺機器の製作（制御班）	
第０９回	０６／１４	・部品発注の方法説明 ・ＣＡＤ製図（構造・機構班） ・モックアップ製作（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図製作（制御班） ・制御用周辺機器の製作（制御班）	・発注表例有り ・モックアップ例有り
第１０回	０６／２８	・部品発注書の作成 ・ＣＡＤ製図（構造・機構班） ・モックアップ製作（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図製作（制御班） ・制御用周辺機器の製作（制御班） ・第２回技術審査準備	
第１１回	０７／０５	・第２回技術審査 第１回技術審査後の改善 ＣＡＤ製図・モックアップ・実体回路図等を使用 （図面はできあがったところまでの中間発表）	・評価表有り
第１２回	０８／３０	・ＣＡＤ製図（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図製作（制御班）	

図24-1 教育計画の１例

回	日	主な内容	備考
第１３回	０９／０６	・ガントチャートの説明と作成 ・ＣＡＤ製図（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図製作（制御班） ・Ｈ８マイコンの組み立て	・ガントチャートソフト有り ・Ｈ８マイコン組み立て手順書有り
第１４回	０９／１３	・ＣＡＤ製図（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図製作（制御班） ・実体回路図チェックと回路作成（一部制御班）	
第１５回	０９／２７	・ＣＡＤ製図完成とチェック（構造・機構班） ・制御回路の実体回路図完成（制御班） ・実体回路図チェックと回路作成（制御班） ・第２回部品発注	
第１６回	１０／０４	・ＣＡＤ製図と一部機械加工開始（構造・機構班） ・Ｈ８プログラムの説明	
第１７回	１０／１１	・ＣＡＤ製図と機械加工開始（構造・制御班） ・Ｈ８プログラム習得（制御班） ・制御回路製作（制御班）	
第１８回	１０／１８	・機械加工とＣＡＤ製図 ・制御プログラム作成開始（制御班） ・制御回路製作（制御班）	
第１９回	１１／０１	・機械加工（構造・機構班） ・制御プログラム作成（制御班） ・制御回路製作（制御班） ・第３回技術審査発表準備	
第２０回	１１／０８	・第３回技術審査 ＣＡＤ製図と実体回路図中心 現状報告	・評価表有り
第２１回	１１／１５	・製作	
第２１回	１１／２２	・製作	
第２２回	１１／２９	・製作	
第２３回	１２／０６	・製作	
第２４回	１２／１３	・製作と組み立て	
第２５回	１２／２０	・第１回試走会	
第２６回	０１／１６	・第２回試走会	
第２７回	０１／２４	・完成試走会	
第２８回	０１／３１	・個人レポート作成	・レポートの書き方有り
第２９回	０２／０７	・グループ報告書作成	・グループ報告書例有り
第３０回	０２／１４	・最終技術審査発表会	・評価表必要
第３１回	０２／２８	・予備日	

学生の個人評価は次の項目で評価する。

・ポートフォーリオ（毎回作成）
・毎回の学生動向をチェック表（担当部門者がチェック）
・発表評価表
・個人レポート

グループの評価は

・技術審査評価表
・各試走会の評価
・グループ報告書

図24-2 教育計画の１例

グループ活動で校内案内ロボットを作る

平成　年度　学習支援計画書

科目名			クラス
創造実験Ⅳ			機械工学科　４年
必修・選択	単位数	開講学期	担当教員
必修	履修　4	前・後	

科目概要

プロジェクト（班）形式のグループ作業を行い、社会性の習得、システム的基礎知識、作業管理の必要性を習得し、これまで学んできた基礎的な工学知識や技能を発揮する。具体的には校内案内ロボットをグループ独自で設計し、種々の問題についてグループで考え、自主性的に解決する。作業等を自主的に管理するためにポートフォリオを作成できる基礎力を養う。

教科書	参考書（ＬＣの図書等を含む）
①「ハンディブック　メカトロニクス」三浦宏文 オーム社	①「ロボット研究者は現代のからくり師か」梅谷陽二 オーム社

授業方法

夏休み前までに、各班の校内案内ロボットの開発・構想および部品の発注を行う。夏休み後から製作に入り１２月中に完成する。１月、２月は完成とレポート書きが主となる。授業は４時限続きで講義と実習及び製作を接続させて行う。ロボットの製作を含む問題解決については、学生の自主性に基づきより現実性あるものを優先し、要すれば指導修正する。毎授業当日の授業及び実験の自己達成目標を確立し、ポートフォリオ（ＰＦ）方式で管理し、実行を記述確認する。製作作業は５～６名１組で実施する

評価方法

評価項目	%	
課題達成度	50	成績評価は、各学期に主体となっている内容について、評価項目にしたがって評価する。前期は、主としてプレゼンテーションと理解度及びポートフォリオと作業実態によって評価する。後期は、主として作業実態、ポートフォリオを基礎とした年間個人活動報告によって評価する。学年成績は、各学期分を平均し、総合評価する。
ポートフォリオ	20	
個人レポート	20	
出席	5	
授業態度	5	
合計	100	

到達目標または行動目標

① システムの構成を理解し、基礎的なシステム部品の設計をすることができる。
② 班の一員として、基礎的な実用問題の解決に共同できる。
③ 設計した基礎的な部品の製図ができる。
④ ポートフォリオを作成できる。
⑤ プロジェクト員として協力して、システム機械を組み立てることができる。
⑥ 自己あるいはプロジェクトのプレゼンテーションができる。
⑦ 班で解決した問題や課題のフォローアップ（改善）ができる。
⑧ 班の年間活動プレゼンテーションができる。
⑨ 個人年間活動報告書を作成できる。

図25-1 シラバスの１例

授業明細　(1/2)				
週	項目	内容	予習・復習・宿題・その他	備考
1	授業概要	①　創造実験Ⅳ概要説明（ロボットとは） ②　前年度作品評価		
2	開発と構想	①　前年度作品評価のまとめ ②　開発・構想の手順とブレーン・ストミング		
3	同上	①　機構と回路の模型例示 ②　開発・構想		
4	各担当のプレゼンテーション準備	①　駆動班、構造班、制御班の分離 ②　ロボット作動ブロック図 ③　担当　開発・構想のプレゼンテーション準備	開発・構想のパワーポイントによりプレゼンテーション原稿の作成	
5	プレゼンテーション準備	①　各班の構想プレゼンテーション準備		
6	プレゼンテーション	①各班の構想プレゼンテーション	機構のパワーポイントによりプレゼンテーション	
7	製図	①　駆動・構造班は製図とモックアップ作成 ②　制御班は基本回路の習得 ③　部品発注の打ち合わせ		
8	同上	①　駆動・構造班は製図とモックアップ作成 ②　制御班は基本回路の習得 ③　部品発注の打ち合わせ		
9	部品発注	①　駆動・構造班は製図とモックアップ作成 ②　制御班は基本回路の習得 ③　部品発注	部品発注書の作成	
10	製作日程計画	①　駆動・構造班は製図とモックアップ完成 ②　日程計画書の作成と提出 ③　部品発注	モックアップ完成 日程計画書作成	
11	プレゼンテーション準備	①　日程計画書とモックアップを用いた校内案内ロボットのプレゼンテーション準備		
12	プレゼンテーション	①　日程計画書とモックアップを用いた校内案内ロボット		
13	製作実習	班ごとに所定の場所で製作活動		
14	同上	班ごとに所定の場所で製作活動		
15	同上	班ごとに問題点を検討し、改善製作する。		

図25-2 シラバスの１例

グループ活動で校内案内ロボットを作る

授業明細　(2/2)				
週	項目	内容	予習・復習・宿題・その他	備考
16	同上	班ごとに所定の場所で製作活動		
17	同上	班ごとに実動チェックを行いながら校内案内ロボット製作		
18	同上	班ごとに所定の場所で製作活動		
19	同上	班ごとに所定の場所で製作活動		
20	テストラン	テストランⅠ		
21	テストラン	テストランⅡ		
22	プレゼンテーション	テストランの結果報告		
23	製作発表	校内案内ロボット製作発表会Ⅰ		
24	同上	校内案内ロボット製作発表会Ⅱ		
25	レポート作成	①　レポート作成要領講義 ②　個人レポート作成		
26	同上	個人レポート作成		
27	レポート作成	①　レポート作成要領講義 ②　グループレポート作成		
28	同上	グループレポート作成		
29	プレゼンテーション	校内案内ロボット製作プレゼンテーションⅠ		
30	同上	校内案内ロボット製作プレゼンテーションⅡ		

図25-3 シラバスの１例

資格試験との関連	
機械設計技術者３級	
受講上の注意	
①安全第一で製作する。 ②詳細なポートフォリオ表を作る。 ③満足する作品を作る。 ④質問は遠慮なくする。 ⑤プロジェクト活動において、個人攻撃をしない	
教員の居場所・オフィスアワー	**教員からのコメント**
	積極的に取り組み、卒業後におけるプロジェクト活動の基礎を身に付けること。

図25-4 シラバスの１例

CHAP
7

持続する社会のための エンジニアリングデザイン

持続する社会のためのエンジニアリングデザイン

近代工業は、利便性の高い社会を完成するのに大きな貢献をした。しかしその反面、なりふり構わない技術活動が公害の発生や倫理にかかわる大きな問題を生起させる羽目になった。

安全で幸せな社会は万人が希求するところであり、地球が末永く存在することは万物が望むところである。研究者や技術者が真理（多くの場合当事者の興味本位や顧客の利潤追求でなどである）を追求するあまり、倫理や安全を無視してものづくりを行うという過ちを犯している。

技術者が犯した多くの過誤のうち、最も代表的なものは宇宙船チャレンジャーの事故であるといわれている。燃料タンクのシールの不具合から発生した燃料漏れによって、発射直後に宇宙船が爆発炎上し多くの人命が失われた。技術者が不具合とこれによる事故の可能性を認識（一部には報告されていた）していたにもかかわらず、発射を中止できなかったことが「技術者の社会責任回避」という問題を惹起し、倫理問題に発展した。将来社会を担う創造的な技術者は、ものづくりを推進すると共に倫理規定の遵守や、勇気ある技術行動をとる必要がある。

1 科学、技術と哲学

技術と哲学はどの時代においても闘争を繰り返してきた。科学や哲学が真理を明らかにするという名の下に、あらかじめ規定した枠組みを乗り越えてしまうからである。

精密工学会会長であった津和秀夫氏は、科学技術と自然現象について、**図26**のような枠組みを考慮する必要があると述べている。

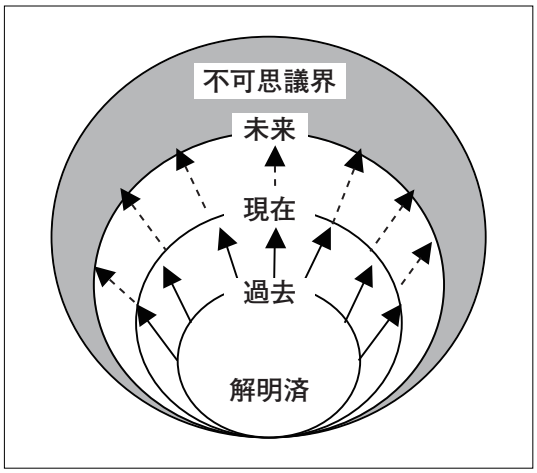


図26 自然界の事象と科学技術の円

図26は、全ての物事を明らかにすることが人類の幸せには繋がらないという考えである。不可思議な面も残すことが必要であると述べている。耳を傾ける価値がある。

2 技術者と倫理規定

機械系の技術者が守ることが望ましい倫理規定の典型的な例は、日本機械学会の倫理規定であろう。
以下に日本機械学会の倫理規定を転載する。

日本機械学会倫理規定

1999年12月14日　評議員会承認
2007年12月11日　評議員会改訂承認

（前　文）

本会会員は、真理の探究と技術の革新に挑戦し、新しい価値を創造することによって、文明と文化の発展および人類の安全、健康、福祉に貢献することを使命とする。また、科学技術が地球環境と人類社会に重大な影響を与えることを認識し、技術専門職として職務を遂行するにあたって、自らの良心と良識に従う自律ある行動が、科学技術の発展と人類の福祉にとって不可欠であることを自覚し、社会からの信頼と尊敬を得るために、以下に定める倫理綱領を遵守することを誓う。

（綱　領）

1．技術者としての社会的責任

会員は、技術者としての専門職が、技術的能力と良識に対する社会の信頼と負託の上に成り立つことを認識し、社会が真に必要とする技術の実用化と研究に努めると共に、製品、技術および知的生産物に関して、その品質、信頼性、安全性、および環境保全に対する責任を有する。また、職務遂行においては常に公衆の安全、健康、福祉を最優先させる。

2．技術専門職としての研鑽と向上

会員は、技術専門職上の能力と人格の向上に継続的に努める。自らの専門知識を、豊かな持続的社会の実現に最大限に活用し、公衆、雇用者、顧客に対して誠実に対応することを通じて、技術専門職としての品位、信頼および尊敬を維持向上させることに努める。

3．公正な活動

会員は、立案、計画、申請、実施、報告などの過程において、真実に基づき、公正であることを重視し、誠実に行動する。研究・調査データの記録保存や厳正な取扱いを徹底し、ねつ造、改ざん、盗用などの不正行為をなさず、加担しない。また科学技術に関わる問題に対して、特定の権威・組織・利益によらない中立的・客観的な立場から討議し、責任をもって結論を導き、実行する。

4．法令の遵守

会員は、職務の遂行に際して、社会規範、法令および関係規則を遵守する。

5．契約の遵守

会員は、専門職務上の雇用者または依頼者の受託者、あるいは代理人として契約を遵守し、職務上知りえた情報の機密保持の義務を負う。

6．情報の公開

会員は、関与する計画と事業が人類社会や環境に及ぼす影響を予測評価する努力を怠らず、公衆の安全、健康、福祉を損なう、または環境を破壊する可能性がある場合には、中立性、客観性を保ち、自己の良心と信念に従って情報を公開する。

7．利益相反の回避

会員は、自らの職務において、雇用者や依頼者との利益相反を生むことを回避し、利益相反がある場合には、説明責任と公明性を重視して、雇用者や依頼者に対し利益相反についての情報をすべて開示する。

8．公平性の確保

会員は、人種、性、年齢、地位、所属、思想・宗教などによって個人を差別せず、個人の人権と人格を尊重する。また、個人の自由を尊重し、公平に対応する。

9．専門職相互の協力と尊重

会員は、他者と互いの能力の向上に協力し、専門職上の批判には謙虚に耳を傾け、不公正な競争を避けて真摯な態度で討論すると共に、他者の知的成果などの業績を正当に評価し、知的財産権を尊重する。

10. 研究対象、研究協力者などの保護

会員は、研究協力者の人権、人格を尊重し、安全、福利、個人情報の保護等に配慮する。動物などに対しては、苦痛への配慮や生態系への影響を考慮し真摯な態度で扱う。

11. 環境の整備

会員は、不正行為を防止する公正な環境の整備・維持も重要な責務であることを自覚し、技術者コミュニティおよび自らの所属組織の職務環境を向上させる取り組みに積極的に参加する。

12. 教育と啓発

会員は、自己の専門知識と経験を生かして、将来を担う技術者・研究者の指導・育成に努める。また得られた知的成果を、解説、講演、書籍などを通じて公開に努め、人々の啓発に貢献する。

（以上）

3 参考となるその他の倫理規定

倫理規定は、取り扱う対象が変われば変化する。以下に、参考として米国の電気電子学会関係の倫理規定を示す。

米国電気電子工学会倫理規定
IEEE倫理規定

我々IEEEのメンバーは、世界中で生活の質に影響することにおけるわれらの技術の重要性の認識において、かつ職業、そのメンバー、および我々が勤める共同体に対する個人的な義務を受け入れることについて、ここに、最も高い倫理的で専門的な行為に専念して、以下に同意する。

1. 公衆の安全、健康、および福祉と一致させるように工学的な決定を行うことに責任をとり、即座に、公衆か環境を危険にさらすかもしれない要素を明らかにすること。
2. 可能であるときはいつも、本当の、または、知られた矛盾を避けて、矛盾が存在するときは、影響を受けた当事者に矛盾を明らかにすること。
3. 改善要求か見積りをはじめるにあたっては、正直であり、現実的であること。
4. すべての形の贈収賄を拒絶すること。
5. 技術の理解、適切な応用、および潜在的結果を改良すること。
6. 我々の技術的能力を維持して、改良して、技術的なタスクを引き受けること。もしトレーニングか経験により資格を与えられるなら、もしくは、適切な制限の完全な開示の後にならば。
7. 技術的な仕事の遠慮のない批評を探し、受け入れ、そして、提供すること、誤りを承諾し、修正すること、および、適切に他のものの貢献を信じること。
8. 人種、宗教、性、障害、年齢、または国籍のような要素にかかわらず、すべての人々を公正に扱うこと。
9. 誤ったか悪意がある行為によって、他人、彼らの特性、評判、または雇用を傷つけるのを避けること。
10. 彼らの専門的な能力開発において同僚と仕事仲間を助け、この倫理規定に従う際に彼らを支持すること。

（以上）

4 技術者と製造物責任

製造物責任（Product Liability P.L）は米国で生まれた考え方で、生産物に対して生産者が責任を持つというものである。

わが国においても1994年７月にPL法が制定された。わが国の技術者も当該法律の趣旨を理解し、その実践に努めなければならない。

特に、米国に対する輸出製品については、注意深い配慮が必要である。米国向けの製品を研究開発する際には、当初からPL法を考慮した設計をしない場合には、完成しても米国に持ち込めないからである。

5 継続可能な社会への配慮

最近の米国の自然科学者の研究や、英国のローマクラブの研究成果は、既に地球が末期的症状に陥っていると警告している。相変わらずの一般技術の開発が実施されているが、一方では資源・環境問題に関する研究開発が盛んに行われるようになっている。温暖化、資源枯渇、酸性雨、森林の減少、オゾンホールの拡大、環境ホルモンの拡散を阻止できる技術の完成には至っていないが、世界的な取り組みのほか、個々の技術者がつめにこの問題を念頭に置くことによって、近い将来回答を見つけることができることを期待したい。

米国の最近のシミュレーションでは、人類が滅亡すれば100年で地球はもとに戻ると報告されている。この論理が正しいとすれば、技術者が先に述べた倫理規定を遵守するならば、この地球は幾分か長く持続することができるであろう。

CHAP
8

結　　び

結　び

機械に関する技術の総合としてロボットを取り上げ、ロボット開発におけるエンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントの考え方及び実施について、その概要を述べた。

ものづくりは、匠の技を主体とした伝統工芸的なものとグループ作業による企業生産活動的なものとに大別される。工業立国を標榜するわが国が健全に存在するためには、後者の活動が隆盛でなければならない。そのためにはエンジニアリングデザインならびにエンジニアリングマネジメントに関する学問がますます発達することと、その使用が常用化することが大切である。

（参考文献）

U.S.A.F：MIL-STD-499A,（1974）

Dym,Little：Engineering Design, WILEY, U.S.A.（2004）

大石（訳）：開発工学、朝倉書店、東京（1987）

川面　他（訳）：工学設計、培風館、東京（1995）

岸：システム工学、共立出版、東京（1998）

畑村他：機械創造学、丸善、東京（H.15）

札野、飯野（訳）：技術倫理、みすず書房、東京（2006）

飯野：技術者になるということ、雄松堂、東京（2006）

小林：これからの工学・技術者に求められるもの、養賢堂、東京（1992）

木村（訳）：スーパーエンジニアへの道、共立出版（1994）

鎮目（訳）：歴史における科学、みすず書房、東京（1976）

鎮目（訳）：サイバネティックスはいかにして生まれたか、みすず書房、東京（1956）

林：モノ・コト作りを強くするもう一つのMOT、エンジニアリングデザインの指導法、日本工学教育協会（H.19.３）

山田、天日、松井、中村：金沢工業高等専門学校機械工学科におけるエンジニアリングデザイン教育の試み、工学教育、日本工学教育協会、56巻、６号（2008）P.53

L.SHAY：U.S.A.M.A説明資料、U.S.M.A.通信電子工学科、米国（2006）

山田（科学技術部会）：システム装備の研究開発管理について（１、２、３）、陸戦研究、陸戦学会（H.６.５～H.６.７）

山田（科学技術部会）：スマートな業務のすすめー幕僚業務（１、２、３）、陸戦研究、陸戦学会（H.７.４～H.７.６）

山田、松井、平尾：チームものづくりにおける製作活動指導法に関する一考察、平成17年度工学教育講演会論文集（2005）P.172

金光、山田、天日、古屋：金沢高専機械工学科２学年における創造実験の試み、平成17年度工学教育講演会論文集（2005）P.164

山田：グループものづくりのための委託受託加工体験教育、高専教育論文集（2005）P.553

堀岡、山田：金沢工業高等専門学校における創造教育の現状と展望、工学教育、日本工学教育協会（2003）P.16

山田、龍野：創造設計教育法に関する一考察（想定方式の導入)、平成14年度工学工業教育研究講演論文集、工学教育協会（2002）P.81

天日、山田、金光、杉森、千徳、寺岡、松井：金沢高専におけるハンズオン教育について、設計工学、日本設計工学会（2001）P.７

天日、山田、金光、杉森、千徳、寺岡、松井：金沢高専機械工学科における創造教育について（低学年の創造設計)、機械学会公開研究会・講演会NO.99-44論文集、機械工学会（1999）P.107

天日、山田、金光、杉森、千徳、寺岡、松井：金沢高専機械工学科における創造教育について（高学年の創造設計)、機械学会公開研究会・講演会NO.99-44論文集、機械工学会（1999）P.109

天日、山田、杉森、松井、杉森、松井、古屋、伊藤：ものづくり技術者育成支援事業の概要報告、平成20年度工学・工業教育研究講演会論文集、日本工学教育協会（2008）P.176

付　　録

● 目　次 ●

1　創造設計教育のための各種技法 …… 60

1.1　M.O.Tの技法
1.2　検図及び読み図
1.3　依託・受託加工方式
1.4　プラグイン（またはモジュール）方式による制御と機器の開発方法
1.5　製作用部品等の自主選択による調達
1.6　想定方式による問題付与
1.7　ポートフォリオ方式
1.8　ロールプレイ
1.9　企業のベテランによる加工技能指導
1.10　ベテラン技術者によるノウハウ講話
1.11　技術審査
1.12　加工ライセンスの取得
1.13　ブレインストーミングによるアイディアの創出
1.14　システム設計の各段階と設計階層手順
1.15　想定方式の問題付与の１例

2　エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントの過程 … 77

3　究極で、客観的に考えるための思考虎の巻 …… 79

4　問題解決の思考過程 …… 85

5　ものづくりにおけるリーダー及び初級技術者のあり方・目標 … 87

6　エンジニアリングマネジメントにおける専門工学的活動 …… 90

7　エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントにかかわる研究開発関係書類の例 …… 91

7.1　運用要求　──乗用自動車の例──
7.2　期待性能　──乗用自動車の例──
7.3　要求性能　──乗用自動車の例──
7.4　WBS（仕事の細部分解図）
7.5　目的のツリー（Objective Tree）
7.6　ガントチャートの例
7.7　ロボット作動ブロック図の例

付　　録

1 創造設計教育のための各種技法

1.1 M.O.Tの技法

付表１に、M.O.Tに有効と考えられている研究、開発、情報処理あるいはその管理のための技法を示す。個々の技法の詳細については、関連する専門書を参考にされたい。

付表１ M.O.T.のための技法例

	概　　要	運用可能な工学技術
開発戦略	・技術予測	・発明事例問題解決法（TRIZ）
	・プロジェクト計画立案	・リスクマネージメント、マーケッティングマネージメント、競争戦略
	・顧客感覚の製品開発	・ユーザーズエンジニアリング技術
	・計画の妥当性評価	・競争分析評価技術
開発実行過程	・技術課題の解決	・TRIZ、リバースエンジニアリング
	・設計の妥当性評価	・デジタルエンジニアリング技術
	・先行技術開発の事前評価	・田口メッソド、中沢メソッド等
	・品質を考慮した評価技術	・田口メソッド
	・品質要求の最適化	・中沢メッソド、多変量解析
	・良いソフトウエアの開発	・ソフトウエアエンジニアリング技術
	・プロジェクト成功法	・プロジェクトマネジメント法、En.Ma n
	・合理的思考	・システム分析、状況判断
	・分析・立案支援	・QC７つ道具、商品企画７つ道具
	・総合的情報管理	・PDM
	・妥当性の先見予測	・各種シュミレーション技術

1.2 検図及び読み図

完成した製作に必要な設計図を、学生相互で交換し、記載事項の間違いが無いかを点検しあうこと（検図）及び、記載された内容の意味を判断し相手に確認しあうこと（読み図）。

技術者にとって製図は意思疎通のための共通言語の１つである。製図作成者が記述した内容が、正確に製作現場に伝わることが大切である。特に、インターフェイス部分の製図については、部品と部品の組み合わせが正確に行われることを確認する必要がある。

インターフェイス部分の正確性を確認する手段としては、３次元CADを活用できれば便利である。

1.3 依託・受託加工方式

企業におけるものづくりと学校教育におけるものづくりの間の相違点は、企業におけるものづくりが（研究開発のためのものであっても）、企業の利潤に直結するものであるという厳しい制約条件があるのに対し、学校におけるものづくりが基礎教育のためにきわめて緩和された制約条件のもとに実施され、極端な場合には製品未完成でも許される。

現在多くの学校で実施されているものづくり教育は、少なくとも日本工学教育協会等の学会で発表される膨大な実施事例発表を見る限り、責任、利潤追求ならびに評価の３つの面で企業におけるものづくりの厳しさを再現しているものとはいえないようである。教員の評価も指導教員の尺度に基づく評価が行われているという、改善すべき点がある。

付表２ 企業と学校教育におけるものづくりの相違点

比較項目	企業におけるものづくり	学校教育におけるものづくり	備　　考
製作目的	利潤追求	教　育	
要求者	顧　客	評価教員	
責　任	企業（社長）	学生個人（成績）	
製作命令	企業（社長）	教　員	
設計製図	専任設計者が多い。	A学生個人	個人の責任
設計変更等	設計変更会議と承認	A学生（教員評価）	学生の意思等
製作者	専任製作者	A学生個人	
評価者	顧客（社長等）	教員（A学生）	自己評価の危険性

そこでこの問題を解決する方法として、設計者、製作者更に可能ならば評価者をすべて異なる学生とし、設計変更では正式の会議して承認するという方式を発案し、これを委託・受託方式による製作として学会発表し、第３者の評価を得た。この方式は一般に学生からの評判は良くない。委託・受託の段階に入ると学生の落ち着きが無くなり、不具合事項に対する不満が続出する。その原因は、学生が自らの設計と製図に対する自信が揺らぐためである。

依託受託方式の教育では、学生が精神的不安に陥らないため、教員は設計ならびに製図を十分指導することが必要である。当初から十分な指導が実施されれば、学生は自らの作業に自信を持てるため、動揺しなくなる。

委託・受託方式における教育の目的を重ねて記述すると、

・グループ作業による物作り（教育）のための事前準備教育として位置づける。
・他人が作成した図面による製作（読図による製作）活動を体験する。
・他人が製作した組部品による組立て体験

さらに、委託・受託方式によるものづくりで留意すべき事項は次のとおりである。

・委託側及び受託側が、それぞれ真摯に作業に取り組む。
・図面にある要求を厳正に実行する。
・完成時に作品を相互評価させる。

委託・受託方式を実施する際に注意しなければならないことは、学生が作業を完成させる所要時間には差があり、所要時間が長い学生が寂寥感を抱かないように配慮することである。作業する学生はものづくりの達成感が低いという意見もあるが、その原因は手直しによる製品完成が許可されないところにあるものと推定できる。このような所見を持つ学生に対しては、評価後に別途補習による修正でものづくりの達成感を得させることができるので、教育時間中に配慮する必要は無い。

付　　録

1.4 プラグイン（またはモジュール）方式による制御と機器の開発方法

最近の制御機器は、機能部品ごとにソリッド化され、故障に際してはプラグイン方式によって、組部品ごとに処置し機能回復を目指している。組部品を適切かつ短時間に交換することによって機能回復ができることは、製品の稼働率を高めるために必要なことである。

本校の創造設計教育では、制御のための機能部を設計製作することが必須となるので、このプラグイン方式の部品製作の思想を創造設計Ⅱ及びⅢで採用している。詳細は、それぞれの実験指導書を参考にされたい。

この教育方法で注意しなければならないことは、

・組部品におけるそれぞれの機能部の機能と特性を明確に把握させる。
・インターフェイスの意義を確実に把握させ、プラグインにおけるインターフェイスを完全なものとする。
・機能部品のビルトアップの際に、正確に組み合う幾何学形状を確保させる。
・部品結合部の電磁干渉や雑音発生を抑制する方法を認識させる。
・個々のモジュールが完成しているからといって、組み合わせた製品が稼動しない場合があることを認識する。

ことである。

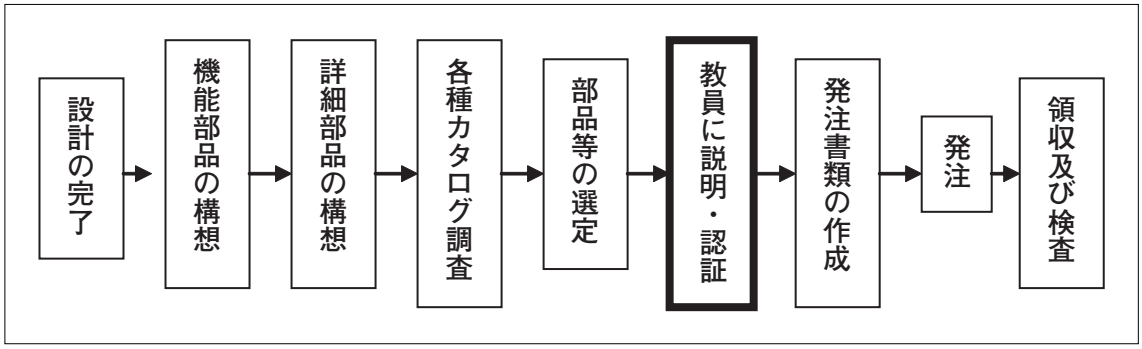
1.5 製作用部品等の自主選択による調達

創造設計Ⅳにおける教育手法のひとつに、製作用部品等の自主選択による調達決定がある。学生は１つのプロジェクトあたり使用可能の予算枠を与えられて、この予算枠内で課題のメカトロニクスを制作しなければならない。ただしリサイクル部品等の使用については制限を設けていない。

学生はシステム設計後必要なカタログを調査し、必要な部品を選択・決定しその妥当性を判断し、購入要求伝票を作成して教員の認証のもとに学園の調達部門に発注する。発注品は教員経由で領収するが、領収検査の責任は学生にもある。

付図１は、創造設計Ⅳにおける部品発注の流れについてあらわしている。メカトロニクス製作に使用可能な総経費が決められていることは、市販のパーツの注文方法を習得する、部品取り扱いの大切さを認識する、加工素材の選択を慎重にする、誤製作による不良品の発生を局限する及びリサイクルの大切さを認識する等の効果がある。

付図１に、発注の流れの概要を示す。教員に説明する場合は、学生は企業の技術部員として位置づけ、教員を資材部の担当課員としてロールプレイする。



付図１ 創造設計Ⅳにおける資材調達の流れの概要

付表３に、部品等の選定にあたり、教員に説明する部品等要求一欄表の例を示す。

付表３ 部品等要求表の例

部品等要求一欄表

年　月　日

グループ名　　要求者名

NO.	使用目的	名称	規格	メーカ	個数	単価	小計	備考（参考カタログ等）

1.6 想定方式による問題付与

想定方式とは、起こりうる可能性がある問題を考慮し、事前に対処方法を準備しておくことを言う。創造設計教育では学生が企業の新入社員の立場を理解し、社員の立場で企業の一連の創造設計製作活動を模擬体験できることを目的とし、ものづくり作業過程をイベントシーケンスとして教育を進める方式をおこなう。

想定方式による教育法は、「意志決定」や「手続き事項」等を、大きな組織の管理者を教育するのに多用される、一種のシュミレーション教育方法である。

1.6.1 学校教育における実践的ものづくりの現状

学校教育は、教科書的内容を主体に教育する知識教育が主体で、この傾向はものづくりにおいても同様である。しかも、教員も顧客を対象としたものづくりの経験が少ない場合がほとんどで、ものづくりの手順を教育する際も、単純に「課題付与」、「設計」、「製作」及び「点検」活動を体験させているのが現状である。

一方、企業が実施するものづくりにおいては顧客及び組織が存在するうえ、これらがものづくりの過程にも関係するため、ものづくり活動そのものが調整作業を必要とするので、複雑になる。そこでは「相互調整」や「決心」（**付録４**参照）などの高度なシステム的思考活動が実施されている。企業においては、初心の技術者が在学中に教室で経験したような、細部にわたる準備やお膳立てなどはない場合が多く、高専卒業後の初任技術者にとってはとまどいを隠せない。状況が悪い場合にはこのような現実がストレスとなり、ついには職場からの逃避にも繋がっている。

上記の主原因についてみると、学校におけるものづくりが知識事項を重視するあまり、卒業後のものづくりの現場で経験すると予想される出来事に触れることを等閑視してきたことをあげることができる。

ものづくりは、顧客の注文にはじまり、構想決定、評価、設計・製作、検査　価格決定等の流れがあり、突如として設計や製図があるのではない。学校教育では、このものづくりの流れをかなり省略することが多く、そのため関係先との調整や問題解決の意見交換など、きわめて大切なものづくり過程を見過ごしている。

したがって、より現実的なものづくりの考え方を学校教育で取り入れることが大切である。

1.6.2 想定方式の導入

ものづくりの手続きを教育する方法の代替案としては、

・講義方式

・体験実習方式（インターンシップ等）

・両者の折衷である想定方式（学生を仮説の状況におき、周囲条件を統一した後に問題を解決させる方法）

を挙げることができる。

講義方式の採用は理論的には充実しているが、体験による現実感が少なく、体験実習方式はインターンシッ

プと同様に推奨すべき方式ではあるものの、時機、期間及び場所の制限があって実行面で制約が多い。一方、想定方式は教育活動は学校で実施されるものの、学生が恰も企業の現場に居るごとく感じるよう筋書きと役割（顧客、部長など回答に必要な立間の人間）を決め、筋書きの範囲内で役割を完遂させることによって、問題（関わる諸事項も含む。）を疑似体験的に解決させようとするものである。

想定方式による教育には、次のような特徴がある。

・物事を考え実行する「場」を規定し、学生はその条件下で思考を進める。
・学生は決められた役職や立場で問題を解決する。
・問題を付与する場合、関係する多種の情報を付与したうえで、問題の解答をさせる。学生の思考基盤は前提条件に基づき変更される場合がある。
・一連の問題は「設定した状況の説明」及び状況に応じた設問」を一組とする。１想定は10問程度で構成する。
・問題ごとに代表的な学生回答２～３例を発表させる。ついで発表内容をテーマとしてその思考過程、考慮要件、重視事項等について指導者の司会の下に学生間で相互討議を実施することも可能である。
・指導側は修学意欲の低い学生を積極的に討議・発表に参加させ、その過程で正解を得るように討議を運営する。
・各問題では指導側が正解の一例を提示し、討議形式で解説する。学生が正解の一例が出た思考過程や重点などを理解出来るようにする。
・作業は個人作業とし、回答の内容と適時性を重視する。創造性を点検する。
・成績評価は回答、適時性及び討議への参加状況等を総合して実施する。

1.6.3　想定問題の例

ここでは、担当教員は１名で、学生が個人作業によるものづくり教育に適用した事例（飲料水入り缶冷却装置の製作）を述べる。またその試行結果を改良し、創造設計Ⅳにおいて実用に供した。本付録の**付図11～14**に一例を示す。

付図２は、想定の問題構成を示している。

問題の構成

（1）一般状況：学生の立場と思考範囲を統一する。
　①第１問題：問題発見と解決目的、目標の確立
（2）第２状況：目的確立後の学生の行動基準
　②第２問題：冷却装置の要求の具体化と決定
（3）第３状況：冷却装置の前提条件
　③第３問題：冷却のための適用理論
（4）第４状況：装置作動理論の前提
　④第４問題：装置の名称決定と作動の流れ図
（5）第５状況：製作代替案の前提
　⑤第５問題：代替案決定と作動原理の詳細
（6）第６状況：装置製作の前提
　⑥第６問題：装置のシステム設計
（7）第７状況：装置細部設計の前提
　⑦第７問題：装置の細部設計
（8）第８状況：製作図作成の前提
　⑧第８問題：製作図の作成（３面図）
（9）第９状況：装置製作及び加工の前提
　⑨第９問題：装置の製作
(10) 第10状況：性能確認試験の意義と実施の前提
　⑩第10問題：性能確認試験計画と実施（実施は代表者）
(11) 第11状況：報告書の作成と提出の経緯
　⑪第11問題：プロジェクトマネージャの報告書作成

（終わり）

付図２ 想定問題の構成例

授業運営は、

状況付与 → 問題付与 → 解答提出 → 討　議 → 解答及び解説

の順に従って実施する。

当該指導方式の長所は

① 学生がチームの一員として自らを管理できる
② 教員は学生の製作活動を比較的正しく把握できる
③ 教員が教育に必要な対策を取ることが出来る
④ 教師と学生間のコミュニケーションがとれる
⑤ ものづくり個人活動記録を作成できる

ことである。

1.7 ポートフォリオ方式

ポートフォリオとは、

「必要な場合、作業の例として使用する資料集や経緯書集」（いわゆるノート）

と考えることが出来る。本教育では、

「作業に必要な目標、アドバイス、作業実施結果 及び作業見積もりのための個人記録、ノート」

と位置付け、

① 学生個人（チーム）の作成計画、目標等
② 作成のための参考（アドバイスを含む）事項
③ 作業実績、反省事項の控え
④ 教員指導事項の控え及び伝達簿

の役割を持たせた。書式の例を**付図３**に示す。

学生は毎教育時間終了までに、当該書類を作成し、これを教員に提出する。教員は、学生の自己申告内容を点検し評価、必要なアドバイスを記入及び各チームや個人に対して教員が処置すべき事項の承知等を行う。ポートフォリオの作成状況は年間成績の中で評価される。

教員は、学生のポートフォリオを集計し、授業に対する学生の反応を把握するとともに、改善要望があれば検討する。複数の教員が指導する場合には必要に応じ調整会議を開催し、授業運営に資する。

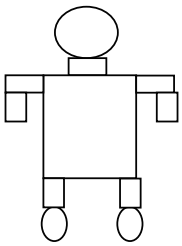
一流といわれる企業についてみると、企業のポートフォリオがある。いわゆる「ものづくり虎の巻」や「ものづくり失敗物語」などである。A社では、新入社員教育では必ずものづくり虎の巻をベテラン技術者が教育している。B社では、新入社員教育が終了し職場配置が決定された後、ものづくり失敗物語を渡され読後感想文を提出する宿題を課せられている例がある。C社は、H研究所の研究員で定年退職した某研究主任を、彼が作成していた個人のポートフォリオと共に、驚くほど高賃金で現役として雇用した例がある。ポートフォリオの作成には地道な努力とこれに伴う多くの困難があるが、多くの効果がある、従って、初級技術者の時代から作成と保管に心がけなければならない。

筆者が飛翔体開発に従事した時代に、プロジェクトマネージャの申し送りロッカーの中に古びたメモを発見し、見る機会を得たことがある。そのメモはいわゆる開発失敗談であり、約20年間にわたって発射試験で発生した危険な事例が述べられていた。特に事例研究のために読んだのではないが、記載事項が大いに参考となり、飛翔体の発射試験で生命にかかわる危険を回避できたことがある。この教訓を生かして、１つのアイテムの終了時には、開発にかかわる報告書の中に、特に、「○○○○開発史」と銘打ったポートフォリオを主体とした開発の歴史書を含めることにした。研究開発に従事した、ほとんどすべての技術者から提出されたポートフォリオを集めたこの歴史書は、技術の歴史書でもあり製品と共に高い評価を受けることができた。

付　　録

機械工学科創造設計Ⅳ　ポートフォリオ表（NO.　　）

<table>
<tr><td>平成　年　月　日（　曜日）</td><td colspan="3">番号　　氏名　　担当役職　制御</td></tr>
<tr><td>授業実施項目名
ロボットのシステム設計</td><td colspan="3">担当役職としての実施項目
移動に関する制御方式の選定</td></tr>
<tr><td>達成すべき目標</td><td colspan="3">達成した内容(要すれば別紙をつける)</td></tr>
<tr><td>1、全体システム設計への協力
・ ロボットシステムの概要と性能を決めることに協力

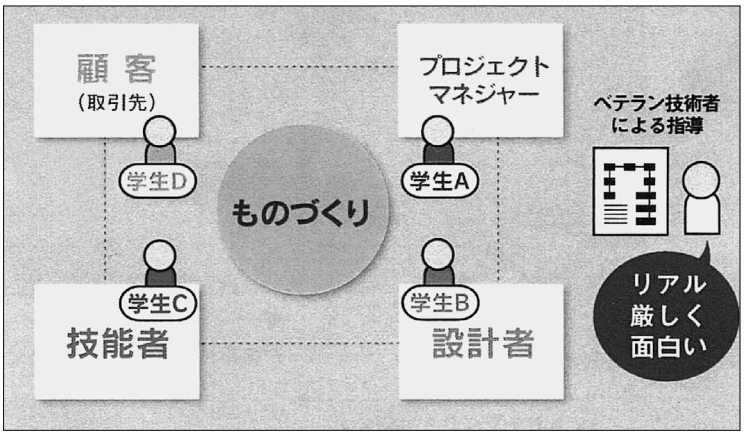
2、ロボットの移動方法を考え、実現する技術的方法案を作る。
代替案を立てておく。</td><td colspan="3">1、システム設計
・ 人型で、足の裏に移動用の車をつけた構造を提案し、グループの全員の合意を得た。
概略の形は次の通りである。
 

2、移動方法と制御方法
移動: 駆動源＝モータ
車 ：タイヤ又はキャタピラー
制御: ラインとレース式
又は、マイコン制御自律型</td></tr>
<tr><td>阻害事項、不足事項、反省事項</td><td colspan="3">次回のための参考事項</td></tr>
<tr><td>反省: 意見の取りまとめに時間を要した。</td><td colspan="3">作業を他人任せにしない。
積極参画が必要</td></tr>
<tr><td>自己評価</td><td>自己評価した理由</td><td colspan="2">教員評価検印欄</td></tr>
<tr><td rowspan="2">A、
Ⓑ,
C、
C,
D,</td><td rowspan="2">要約して説明できなかった。</td><td>評価欄</td><td>検印</td></tr>
<tr><td>○○○○○</td><td>印</td></tr>
</table>

付図３ ポートフォリオ記入例

1.8 ロールプレイ

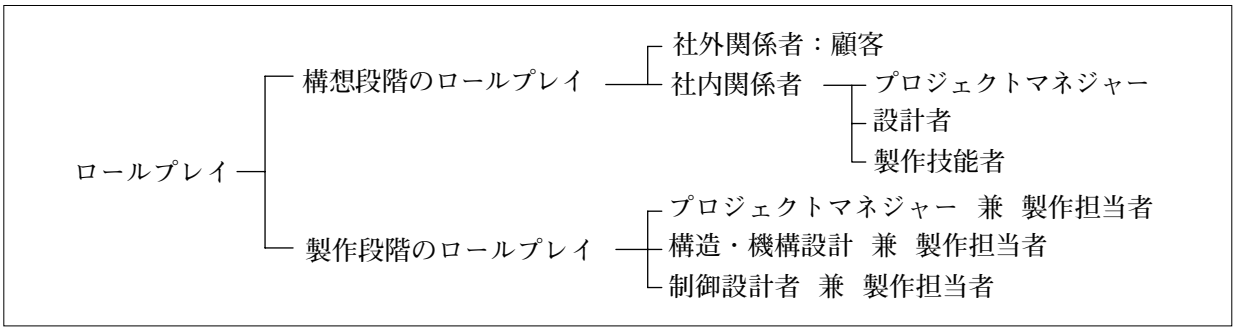
ロールプレイ（Rool Play）とは、役割の演出（学生が教育上示された役割を演じること）によって、当該役割の持つ責任と権限、必要な知識と行動及びグループにおける自己認識などを、体得することを目的として行う教育活動である。**付図４**に、創造設計教育におけるロールプレイの１例を図示した。



付図４ ものづくり教育のためのロールプレイの１例

創造設計教育のロールプレイには、「ベテラン技術者による指導」という特別な工夫が加えられている。教育場面に対応する職位にある企業から招聘したベテラン技術者が、教育に参画する仕組みである。学生は、学生相互による啓発教育のほか、リアルで厳しくそして実例に近い面白さをもって授業に参加できる利点がある。学生は、一連の授業の中で複数のロール（役割）を演ずることで、ものづくりに関係する各種立場の人々の思いの一端を経験するので、以後のものづくり作業における参考資料を得ることができる。

創造設計教育におけるロールプレイは**付図４**を含め、**付図５**に示す２つの区分がある。



付図５ 創造設計教育における２つのロールプレイ

構想段階のロールプレイでは、学生は４者の立場に分かれて役割を演じる。特に、社内関係者の立場にある学生は、顧客の要求を最大限に製品として実現するかの見地に立って役割を果たす必要がある。

製作段階のロールプレイでは、プロジェクトマネジャーの統制の下に、顧客の要求実現に向けてグループが一体となって、約束した性能実現に向けて製作作業を行う。この際大切なことは、あくまで顧客との約束（運用要求、期待性能あるいは要求性能）を遵守することである。教育におけるものづくりでは、不都合が発生するとその場で修正作業を行いがちであるが、企業におけるものづくりでは起こりえない行動である。このような事態が発生したときには、性能変更会議を開催し、その承認を受ける必要がある。

付　　録

1.9 企業のベテランによる加工技能指導

創造設計教育を支える２本柱のひとつは、製作技能の習得である。

夢考房における講習会に参加して取得する「加工ライセンス」は、安全ならびに機器取り扱いのための許可証であり、ものづくりに必要な技術レベルを保障するものではない。加工技能はものづくり経験を重ねて演練する必要があるが、学校教育ではそのために必要な十分な教育時間を確保することが困難である。

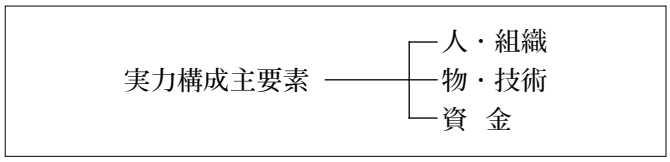
そこで、企業のベテラン技能者あるいはその立場にあった離職直後の技能者を指導者として、ものづくり技能練成教育をかさねれば、短時間のうちに相当の高レベルにまで加工技能を向上させることができる。創造設計教育では、主として創造設計、ならびに創造設計Ⅱの段階において、企業のベテラン技術者による加工技能向上指導を実施する。

ものづくり教育でもう一つの重要なことは作業の安全を確保することである。このため、実際に発生した「ヒヤリ・ハット集」を編纂し、全学生に配布して注意を喚起する。

1.10 ベテラン技術者によるノウハウ講話

ものづくりによって利潤を追求する企業が継続して存在するには、同業の他の企業に比較してより付加価値が高い商品を継続して市場に提供することである。それが企業の実力である。

企業の実力は、主として**付図６**のように言われている。これら主要素を詳細を見ると、表裏２面から構成されていることに気がつく。



付図６ 企業実力の主要素

「表」の実力の例を人についてみると、企業を構成する社員数や人員の年齢構成などである。一方、「裏」の実力には社員の個人の能力の高さ、採用ルート、社内教育の方法、参画意識向上施策、人事考課等である。通常裏の実力については公表されない場合が多い。その理由は、これらの要素の評価尺度に個人差があること、数値評化できない要素が多いこと、通常は企業構成員の備忘録や頭の中にノウハウとして記憶されているものが多いのなどがあげられている。同様の事柄が物・技術と資金にも言える。

しかし、企業を動かしているのはこの裏の実力であり、その高さが継続的な存在を保証している。したがって、技術者はこのノウハウの蓄積に努力すべきであり、先輩のノウハウを継承する能力を高める努力をする必要がある。

創造設計教育では、本校教育に造詣の深い各種業種の企業における先導的ベテラン技術者の教育参画を依頼し、技術者として多年に渡り蓄積したノウハウに関する講義を受講し、ノウハウの実態とこれをポートフォリオ化することを実施させる。同時に技術者としての全人的人格に接し、キャリアデザインへの動機付けにも活用する。

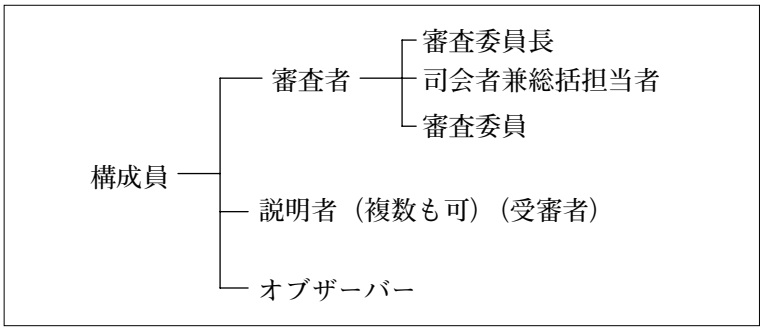
1.11 技術審査

技術審査は、その名の通り技術のレベルを、一つの基準と照らし合わせて妥当かどうかを審査する行為である。

技術審査は、ものづくり（研究開発）の各段階において、工学活動（全般的な開発業務の運営、各種の計画、システム設計、要素設計、詳細設計、下請け企業の決定、権限の分担、文書の作成・管理などの活動を実施する前に、決められた時期（マイルストーン、評価時点等）までにこれらが完成するかどうか（内容から体裁にいたるまで）を審査するものである。技術審査は、技術審査会議を開催して行う。

技術審査会の構成メンバーは、可能な限りその分野の専門家であることが望ましい。専門家については、部外の専門化が参加することが理想である。しかし、企業の場合は秘密保全上問題があり、学校教育では財政的事情から部外専門家を招聘できない場合がある。そのような場合は、代替できる有識者に参加を依頼しなければならない。

学生教育を主体とする場合には、会議の構成メンバーはロールプレイで決めることができる。



付図７ 技術審査会議の構成員

会議メンバーの内審査者は、当該ものづくりに関連する専門家として評価を実施する。

評価結果は、書記が記録する。

・会議の手順

ア　開　式
イ　審査委員長挨拶（会議目的等）
ウ　審査員紹介
エ　提案側〔説明者〕代表挨拶
オ　審査資料を基にした審議案件の説明
カ　審　議
キ　結　論（審議結果の確認、修正要求事項の確認、具体的修正要領修正結果の確認報告要領）
ク　審査委員長講評
ケ　閉　会

技術審査会議において重視しなければならない事項は、次の通りである。

ア　審議案件の内容の充実を第１義とすること。

　審議内容を充実させるための会議が、文章の記述や、図面の欠陥などの指摘や、適時性についての批判などに費やされがちであるので、司会者が注意するとともに、内容の充実に時間をかける。

イ　会議の場における結論の導出を必須事項とする。

　技術審査における結論は、引き続いて実施される工学活動の基準となっている。このため、会議の場で決まった事柄が出発点となりものづくりが次に段階に進む。したがって、審査員や説明者が納得できないような結論となると、ものづくり自体が頓挫する。また、会議の場で説明できないような企画では、技術的妥当性や可能性も信用できなくなる。

ウ　会議の構成員は地位と役割を自覚する。

　技術審査会議においては、参加者は全て同等の権限を持っており、審査事項に対する発言の機会、

発言内容に対する裁量度及び修正要求等は、公平に取り扱われる。出席者は所属を代表するとともに、その道の専門家としても発言することになる。

一方会議で発言しない参加者は、全て同意したものとみなされる。したがって、この件については、会議終了後の発言は認められないことを最初に確認しておくことも一つの方策である。

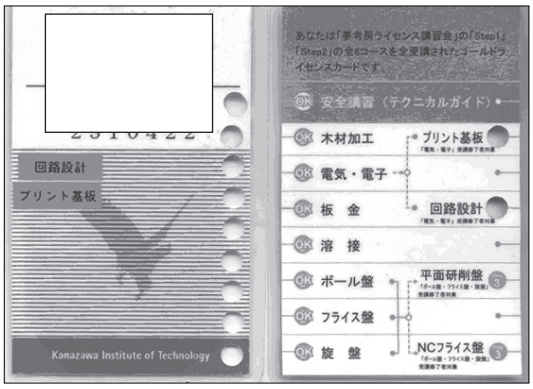
機械工学科の創造設計では、指導教員のみの判断では、折角のものづくりアイディアについて早計な判断に陥る恐れを回避するため、学生も含めて技術審査会議を設けている。

1.12 加工ライセンスの取得

本文図１に示すように、近年の付加価値の高いものづくり結果では、きわめて高度な加工技術が使用されている。高度な加工技術は、製品の概観やデザイン性のみならず、耐久性や防錆などにも効果があり、加工技術の面では重要視されている。

顧客要求を物に変える過程において、加工技術（ものづくり技能）についての知識の有無は、製品自体の形状や性能を左右することがある。削りだしとプレスによる一体成型とでは、量産のための作業時間、工程、原価等に大きな影響を与えるのは自明の理である。

創造設計では、学生は学園夢考房の加工ライセンスを取得することを義務付けている。**付図８**は、推奨している全ての講習項目を終了したライセンスカードを示している。加工を行う場合にはこのカードを胸に着けていなければならない。



付図８ 推奨するライセンスを示したカード例

1.13 ブレインストーミングによるアイディアの創出

1.13.1 ブレインストーミング

ブレインストーミングは集団（小グループ）によるにアイディア発想法の１つで、会議の参加メンバー各自が自由奔放にアイディアを出し合い、互いの発想の異質さを利用して、連想を行うことによってさらに多数のアイディアを生み出そうという集団思考法・発想法のことである。略して、「ブレスト」「BS」などともいう。

ブレインストーミングでは、次の４つの規則に従いアイディアを生み出す。

①批判厳禁：発言を非難しない
②自由奔放：どんな発言でもとりあげる
③量を求む：発言は多いほどよい
④結合改善：他人のアイディアに便乗する

付図９ ブレインストーミングの４規範

1.13.2　ブレインストーミングの進め方

・リーダーの役割

リーダーは全般をリードしつつ、つぎのような手順ですすめる。

① 最初に“ブレインストーミングの４つの規則”について説明し、雑談などを行って、参加者の気持をやわらげておく。

② 「それでは、この特性（またはテーマ）についてはじめましょう。どなたでも結構です。手をあげて、どしどし発言してください」といった誘導で開始する。同時に多数の発言希望があれば、端から順に指名する。

③ 発言のないメンバーには、「○○さん、いかがですか？」というように勧誘し、指名してアイディアをだしてもらう。

④ 他人のアイディアを批判をするメンバーに対しては、司会者がうまく押える。

⑤ 同じ要因（またはアイディア）がでても、否定せずうけいれる。

⑥ 他人のアイディアからの借用、連想、結合を奨励する。

⑦ 発言が低調になった場合には、リーダーは自分が用意しておいた要因（またはアイディア）をだしたり、「こういう見方ではどうでしょうか？」と新しい観点を示したりする。

⑧ 「なぜでしょう？」、「どうしてでしょう？」と疑問を投げかけて。真の要因にまでほりさげる。

⑨ 「いま、要因（またはアイディア）が46までできていますが、50を突破できるか挑戦してみましょう」というように声をかけて促す。

１テーマで100個の発言があれば成功である。

・書記の役割

書記（記録係）の役割も重要である。書記は、つぎのようにして記録をとる。ポスト・イットと白版を使用して記録する場合について述べる。

① 黒板や壁に大きな模造紙を貼りつける。

② 記録用紙の左上にテーマを書く。

③ 太いフェルトペンを使って、書いた字がよくみえるようにだされた要因を書きとっていく。このとき、要因には連続番号をつけておくとよい。

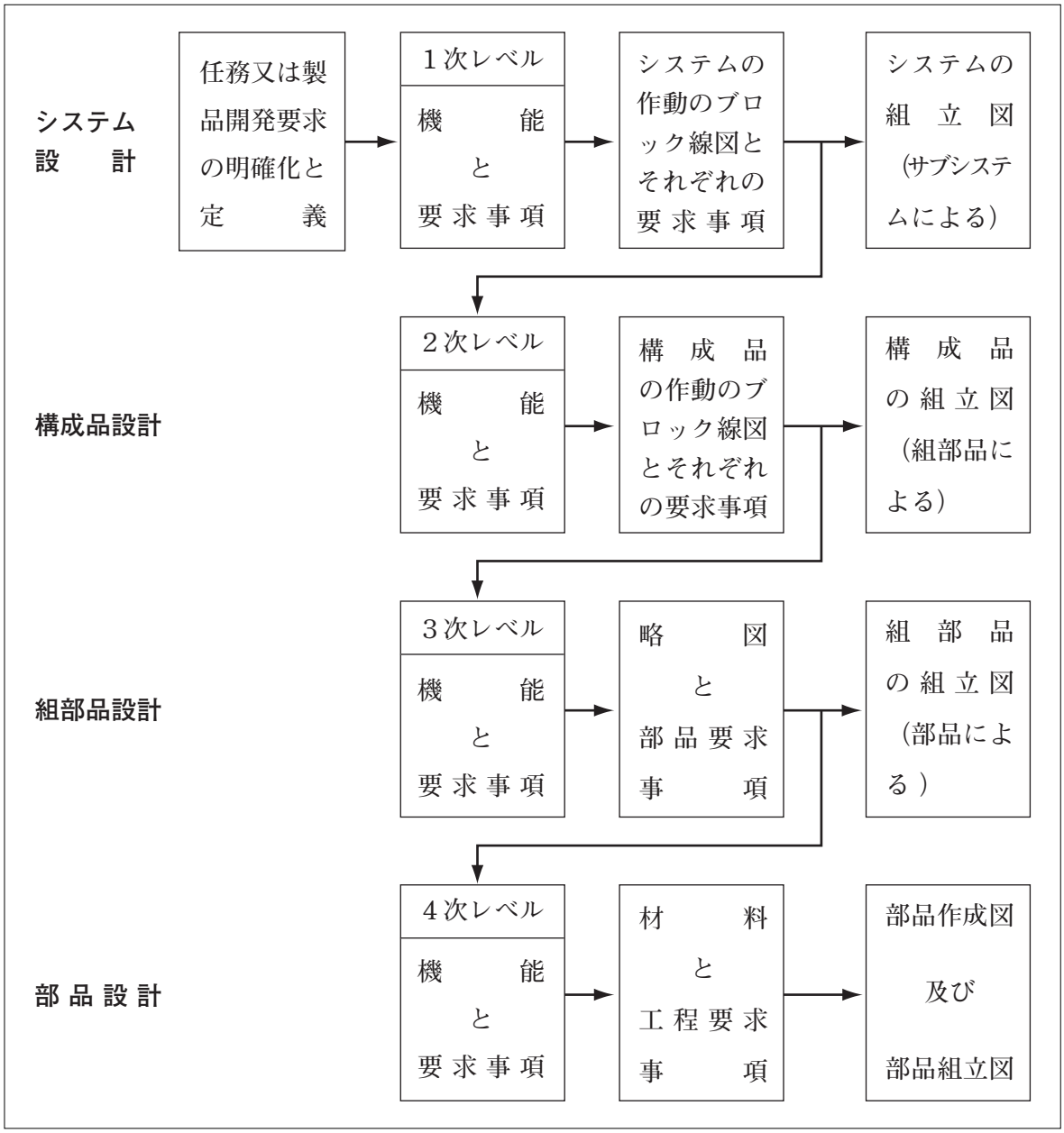
④ 発言どおりでなく、要約する。要因はあまり抽象すぎてもよくない。書記の類別の良否が、結論に影響する。

⑤ 発言が活発にでる場合は、書記を２名とし、２枚の記録用紙に奇数と偶数に分けて書きとる。

ブレインストーミングの所要時間は、ふつう20～40分ぐらいが適当である。アイディアが出尽くしたならば、リーダーは参加者に終了を告げて、要因（またはアイディア）の整理に移る。なお、創造設計では、リーダーは班長がなり、書記は構造担当者が行う。ブレインストーミングによる発言内容をポストイットに記入し、ポストイットをカテゴリー毎まとめてチーム独自の仕様を完成する。

1.14 システム設計の各段階と設計階層手順

システム設計を行う場合には、順序を経て設計することで漏れがなく、成功への近道である。
付図10に、システム設計のための望ましい体系を示す。



付図10 システム設計のための望ましい体系

1.15 想定方式の問題付与の１例

社会環境

１、工業社会における動向

近年における多様な分野に亘る急速な科学技術の発達は、社会生活全般にわたり急激な変化をもたらすこととなった。特に工業分野においては電子工学の発達が先導的役割を果たした結果、身の回りにある多くの生活用品も電子かせれるに至っている。

この中にあって機械工業分野では従来のメカニックが一層進歩すると共に、新たに電子技術を取り込み機械の電子化を推進している。いわゆるメカトロニクスの普及である。

２、メカトロニクスの時代到来

かってはメカトロニクスの最も顕著な例としては宇宙ロケットが挙げられているが、現在では自動車がその筆頭となっている。１６００ＣＣ程度のエンジン排気量を持つ自動車にも、つぶさに見れば３０個以上のＣＰＵが搭載され、快適なドライブ空間の確保に役立っている。正にメカトロニクスその物であるといえる。反面、自動車製造メーカ各社は製品に独自性を持たせると共に、安くて信頼性の高い製品の開発に鎬を削ら無ければならないと言う苦渋を強いられている。

３、創造性ある技術者の必要性

わが国は工業立国を国の方針としており現代における工業技術が最も進んだ国の一つであるが、最近では後発国の技術進歩がはなはだしく、その影響を受けこれまでの地位を維持するのは並大抵のことでは無くなった。このため各企業は生き残りを掛けて製品の独自性、独創性、低価格化及び低公害化を押し進めるに至っている。平成11年４月に開催されたＭＥＸ金沢９９における出品製品にもこの例を見ることが出来る。

創造性ある製品は創造性豊かな技術者の発想から生まれると言われるため、これらの企業は若くて創造性の高い新規採用者の獲得に努力しているのが現状である。

４、創造設計Ⅳ教育修了者の活躍

上記のような環境に鑑み、金沢高専では時代を先取りし、全国高専に先駆けて創造設計授業を開始した。この教育を受け平成○○年に金沢高専機械科を卒業した学生は、メカトロニクスを本業とする企業の製品開発部の一員として中心的役割を果たしつつ活躍中である。

付図11 想定問題の例

付　　録

一　般　状　況

1、あなたはＸ社メカトロニクス開発課課員である。

開発部長から「金沢高専から特別なロボットの注文を受けた。平成11年内の納入を目標として開発することとなった。新たに組織するロボットプロジェクトの一員となり、開発課長を助け母校のロボットの開発に従事しなさい。」との指示を受けた。

2 開発課長からの業務指示

開発課長は当該ロボットの開発については、新入社員の教育も兼ねて９人程度でプロジェクトを組ませて１台のロボットを開発させることに決心した。仕事量から考えて少なくとも４時間／週の計画的な業務実施時間及び恒常業務の余裕時間を活用することとした。また、開発に当たっては現在会社で導入しつつある先端的な開発管理手法を適用することとし、次のような指示を発し開発準備に入った。

(1)プロジェクトには重要な時期には「開発の方針と注意を与える」が、プロジェクトの自主積極的な開発を主体とし、期限内に開発する。

(2)プロジェクトマネージャはプロジェクトの推進に責任を持ち、プロジェクトの意見を代表する。

(3)プロジェクト員は、マネージャの命令や指示に従う。従わない場合には上位組織指導者による評価の対象となる。

(4)プロジェクト員はプロジェクトマネージャと一体になり、プロジェクトを推進する責任を持つ。また、サブプロジェクト長及び共同者となりプロジェクトの重要な部分の開発に携わる。

(5)開発の重要な段階においては必要な技術審査会議、報告会を開催する。
また、日々作業の報告書等を提出する。

(6)課長指示は文書で通知する。

(7)問題の解決に当たっては「問題」ー「プロジェクトの解答」という方式を取るが、教育のため全プロジェクト員に対して個人ごとに解答を要求するものとする。その際、解答の提出は規定時間内とし、回答内容は、成績評価の対象とする。

(8)その他の細部は、別途指示する。

開発課長：指導教員、　　開発課員：Ｍ４学生全員

付図12 想定問題の例

第１状況（その１）

開発課長は、新入社員４９名を６グループに分割し教育担当することとした。適当な社員を６名を選定しプロジェクト長として指名し、作業にとりかかった。

あなたは、開発課長から「プロジェクト長を命ず。」と指名された開発課員である。

第１問題

プロジェクト長としてどのような点に注意して開発を進めれば良いか。金沢高専の校内で使用するロボットとして案内ロボット、掃除ロボット等を考えて、次の点について解答せよ。

１、ロボット開発の考え方。

２、プロジェクト員９人のまとめかた。

３、サブプロジェクトを作る場合の仕事分担の区分分け。（省略）

（回答例）

自動車を開発する場合の例

１、高年者を対象とした高級感溢れた安全性に優れた車を開発する。この際、10年間はモデルチェンジしないものとする。

２、一致団結し総力をあげて開発する。非協力者については全員で説得し融和に努める。やむを得ない場合には、上司に報告する。

３、エンジン部、　走行・シャーシー部　及び　ボディー・電装部　の３分割

付図13 想定問題の例

第１問題解答例

１、ロボット開発の考え方。

プロジェクト構成員の全力を結集し、要求性能を達成できる自律型の高専ロボットを開発する。

性能を確保するため、確実な技術を使用すると共に今後の改善にも対応できる設計とする。

設計は従来技術を使用し、実現可能なものに限定する。

設計に当たっては関係資料を文書とし、図面を作成してから製作する。

２、プロジェクト員８人のまとめかた。

プロジェクト構成員はお互いに助け合い、自分の担当分野で確実に責任を果たすことに努力すると共に、全員が仲良くやる。

問題解決（課長が付与する問題を含む）に際しては、個々に解決策を検討し、次いでグループとしての解答を求める。

３、サブプロジェクトを作る場合の仕事分担の区分分け。

構造担当班：３名（プロジェクト長を含む）

センサー担当班：３名

制御担当班：３名（副プロジェクト長を含む）

○但し全員がまとめ役を経験出来るよう適当な時期に、役割を交代する。

付図14 想定問題の例

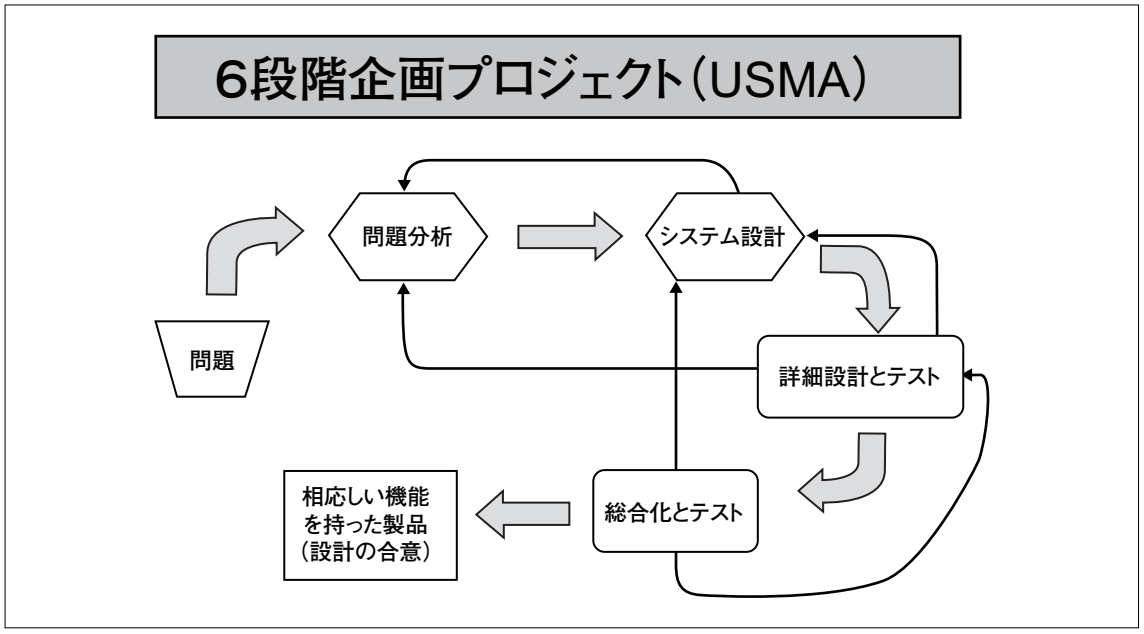
2 エンジニアリングデザイン及び エンジニアリングマネジメントの過程

《解　説》

エンジニアリングデザイン及びマネジメントに関するこのプロセスの概成は、アメリカの空軍によるアポロ計画であるといわれる。しかし、この手法は複雑であるために、後年改善されたものが出てきた。

此処では、ハーベイ・マッド大学のDim及びLittle教授による研究開発結果のプロセス形式に順じ、ものづくりの発祥校である陸軍士官学校で行っている手順を図示したものである。

本手順の中には、「技術審査」が記載されていないが、各段階の出力については技術審査を終了したものとなっていることを、認識しておく必要がある。



付図15 研究開発サイクル

1　第１段階：問題分析

目標：要求者の目的の整理と要求者の目的に対する技術的意見の陳述

（1）目標の分析（運用の解析）

（2）要求の確立（期待する性能）

（3）制約事項の分類整理

（4）機能の確立

（出力）
①問題定義　　②要求のスペック化　　③最初のブロック線図

2　第２段階：システム設計

目標：概念、設計方針、システム、サブシステム、代替案の作成

（5）設計仕様の確定（技術的変換＝要求性能）と見直し

（6）システム、サブシステムにおける設計代替案の作成

（出力）プロジェクトの提案
①問題定義　　②システム仕様の見直し　　③ブロック線図
④ガントチャート　　⑤任務分担表

3　第3段階：詳細（ブロック）設計と試験評価

目標：概念、方針、システム、及びサブシステム代替案の仕様化

（7）概念システム及びサブシステム設計のモデル化と解析

（8）プロトタイプ、試験、並びに、概念システム及びサブシステムの設計の評価

（出力）
①初期設計結果のレビュー　　②システムのプロトタイプ
③最終設計のレビュー

4　第4段階：総合化とテスト（システム構築と試験評価）

目標：組み立て、やり直し、最終設計の最適化

（9）組み合わせ（組み立て）、見直し、選定した設計の最適化

（出力）
①試験計画　　②プロトタイプシステム　　③最終設計見直し

5　第5段階：相応の機能を持ったシステムの提案

目標：最終品の引渡し

(10) 展示及び完成品についての文書作成

（出力）
①納入期限での引渡し　　②最終設計書　　③プロジェクト外展示

3 究極で、客観的に考えるための思考虎の巻

教員にとっては：レッスンプランを書くこと。
ブラッドの分類学を学び終える。
思考の高い部分を開発させる。

保護者にとって：親子のコミュニケーションを変える。
多くの技術を発見する。

学生にとって：　質問術を見つける
レポート報告を楽にする。

見るだけで、誰でもどこでも、思考（考え方）を改善できる

《解　説》

この虎の巻は、実践型技術者に必要な客観的考え方や、論理構成を可能とするために必要な能力を高めることを目的とした、思考訓練方法の問題集である。

この方法は、ブルーム氏の分類学を基礎としており、知的成果（出来上がり）をより良くする、経験に基づいた学問の領域に関連するものである。

思考範囲は、初歩段階の思考すなわち単純な想起（覚えたことを思い出すこと）から、情報を評価する高い段階まで含んでいる。

この虎の巻を参考にすれば、自宅でも、教室でも、或いは仕事場でも、経験に基づいて思考のレベルを高めることができる。その結果、万事に細かいところまで注意するようになり、知識が増し問題解決力が付いてくる。あなたが挑戦してみたいと思うレベルのページを、ちょっと開いて見てください。悩んでいる問題や仕事に関係するキーワードがあるはずである。

自分に合った問題にチャレンジし、解いてみて欲しい。そうすれば、必ず良い結果が待っています。

付　　録

■第１段階　「自分が持っている知識を再確認しよう。」

いろいろな事柄について、事実、単語、基本的な概念及び答えを思い出し、過去に学習した知識を披露してください。

【キーワード】

選択、方法、契機、回想、選択、各、何時、誰が、定義、名札、名前、関係、示す、言う、どこで、何故、見つける、表、削除、何、どちら。

【設　問】（注：○○：あなたが対象とすることがらを入れる）

1．○○は何か？
2．○○はどこにあるか？
3．○○は如何にして起こったか？
4．○○は何故そうなったか？
5．○○は何時起こったか？
6．あなたは如何にして○○を第３者に示すか？
7．誰が主役の○○であったか？
8．どちらの○○か？
9．いかにして．○○なのか？
10．何時○○は起こったのか？
11．いかに○○を説明したか？
12．いかにして○○を述べたか？
13．○○を思い出すことができるか？
14．○○を選定することができるか？
15．三つの○○をリストとして上げることができるか？
16．誰が○○であったのか？

■第２段階　「物事に対する理解力を増強しよう。」

組織化、比較、変換、翻訳、通訳、詳細説明及び主要な考え方を述べることによって、事実並びに考え方を開示しなさい。

【キーワード】

分類、説明、翻訳、提示、比較、拡張、概説、まとめ、対比、例証、関係、変換、展示、推定、換言

【設　問】

1．○○の形式をどのように分類するのか？
2．○○をどのように比較するか？○○とどのように対比させるか？
3．○○をあなた自身の言い方で位置づけ或いは言い換えることができるか？
4．○○の意味を言い換えることができるか？
5．○○はどんな事実或いは意味を表すのか？
6．○○の主たるアイディアは何か？
7．○○を支援するためにはどのように表現するか？
8．○○について何が起こっているか説明できるか？○○の意味は？
9．○○について、意見を述べられるか？
10．○○に関する最良の答は？
11．○○についてまとめることができるか？

■第３段階　「応用力を増強する」

既得の知識、事実、手法、色々なやり方における決まりを守って、新しい状況に対応する問題を解きなさい。

【キーワード】

応用、開発、使い方、選定、作成、経験、モデル、解法、製作、～に関する経験、選択、識別、編成、共用性、編成、活用、構成、インタービュー、計画

【設　問】

1．○○をどのように使うか？
2．○○に関する例を列挙できるか？
3．○○に関する自分の経験を生かして、△△をどうやって解くのか？
4．○○を明示すために△△をいかに組み立てるか？
5．○○に関しあなたが理解していることを、どのように示すか？
6．○○に向かって、あなたはどのようなアプローチをするのか？
7．○○を発展させるために、あなたが学んだことをどのように応用するのか？
8．○○に対するどのような代替案を持っているのか？
9．もしも○○であったら、どんな結果となるか？
10．○○に対する事実を使用できるか？
11．○○をかえるためには、どのような要素を使用できるか？
12．○○を示すために、どのような事実を選定するか？
13．○○に関するインタービューで、あなたはどのような質問をするか？

付　　録

■第４段階　「解析力を付ける」

動機や理由を区別することによって情報を確かめ、部分に分解する。一般化を持ち続けるために、推理し証拠を掴む。

【キーワード】

解析、対比、機能、簡素化、仮定、発見、影響、調査、分類、洞察、参加、区分、識別、リスト化、試験する、比較、分割、動機、テーマ、結論、試験、関係

【設　問】

1．○○の部分又は様子はどうか？
2．○○に関係する△△は、どのような状態か？
3．何故○○を考えるのか？
4．○○のテーマは何か？
5．○○ではどんな動機があるのか？
6．○○の部分をリストにすることができるか？
7．○○に対し、どのような影響を与えることができるか。
8．○○の結論としてどんなことを予想できるか？
9．○○をどのように区分できるか？
10. ○○を分類できるか？
11. ○○を異なった部分に識別できるか？
12. ○○についてどのような証拠を掴んでいるか？
13. ○○の相互関係については、どのようになっているか？
14. ○○の間の違いを明らかにできるか？
15. ○○の機能はどうか？
16. どのような発想が○○を正当化するか？

■第５段階　「総合化をはかること」

新しい形あるいは代替案の提案において、要素を組み合わせて、異なるやり方の中で情報を組み合わせる。

【キーワード】

適応、削除、改善、予測、組み立て、設計、創造、提案、変換、発展、作成、解決、選択、検討、最大化、解法、結合、相互協力、最小化、推定、編集、見積もり、改修、試験、構成、数式化、原本、論理化、構成、出来事、創作、創造、発想、計画

【設　問】

1．○○を解決するためにあなたはどんな変化をするか？
2．○○をどのように改良するか？
3．もし○○なら、どんなことが起こるか？
4．○○の理由について精しく述べることができるか？
5．○○の代替案を提案できるか？
6．○○を発明できるか？
7．異なった△△を作るためには、いかにして○○を適合させるか？
8．○○の計画をどのように変更できるか？
9．○○を最小化〔最大化〕するには何をすべきか？
10. ○○を設計する方法は？
11. ○○を改善（変える）するには、何を加えあわすべきか？
12. △△をするとすれば、○○についてあなたは何をするか？
13. ○○をテストするにはどうするか？
14. ○○についての理論を定式化できるか？
15. もし○○だとしたら、その結果を予測できるか？
16. ○○についての結果をどのように見積もることができるか？
17. どのような事実を○○に編集できるか？
18. ○○を変化させるモデルを構成できるか？
19. ○○についてオリジナルなやり方を考えつくか？

付　　録

■第６段階　「正しく評価する。」

情報、各種のアイディア又は一連の考え方に基づいて行う仕事の品質について、判断をし、主義・主張を発表する。

【キーワード】

同意、演繹、解釈、推薦、評価（見積もり）、弁護、判断、規定、査定、判断、正当化、選択、注意、反証、支持、選択、論争、計測、価値、比較、見積もり、主義条件、述べる、優先順、酷評、重要、照明、決定、影響、比

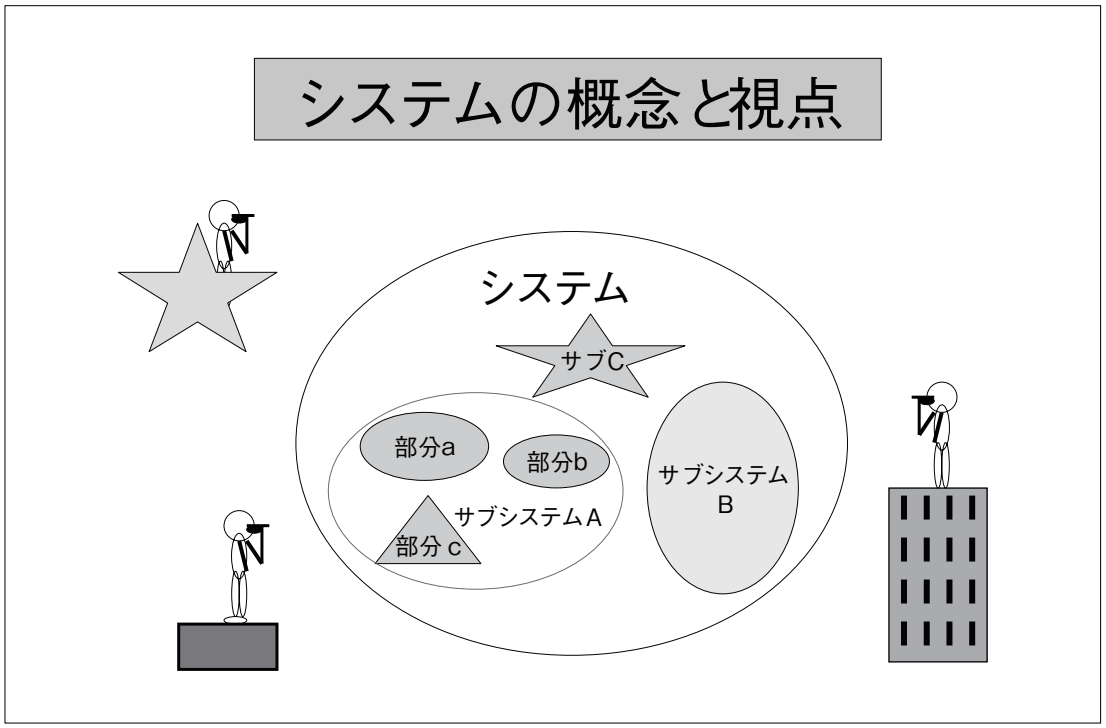
【設　問】

1．○○の動きに同意できるか？○○の結果についてはどうか？
2．○○に関するあなたの考え方は？
3．いかにして○○を改善するか？改善しないようにするか？
4．○○の重要性或いは価値をどのように見積もるか？
5．もし○○ならより良くするにはどうするか？
6．何故、○○を選定したのだろうか？
7．○○について何か言うことは無いか？
8．いかにして○○に値段を付けるか？
9．○○の行動を守るために何を引き合いに出すか？
10. ○○をいかに評価するか？
11. ○○をいかに判断できるか？
12. ○○についてどんな選択ができるか？
13. ○○について何を選ぶか？
14. いかにして○○を順位付けるか？
15. ○○についてどのような判断をするのか？
16. 知識に基づき、○○をどう説明できるか？
17. ○○の観点を支援するために、どのやり方を使用するのか？
18. ○○をいかにして正しく判定するのか？
19. 結論○○をするためにはどんなデータを使わなければならないか？
20. その○○よりも何故より良いか？
21. 事実○○に優先順を付けるとしたらどのようにするか？
22. 発想○○を如何にして比較するか？　アイディア○○については、どうか？

4 問題解決の思考過程

提起された問題を解決するには、システム思考による思考過程にしたがって考えるのがよいとされている。

問題に直面すると、直感的に回答を求めがちであるが、一歩下がって客観的に考えることで最適な回答案を得ることができるからである。

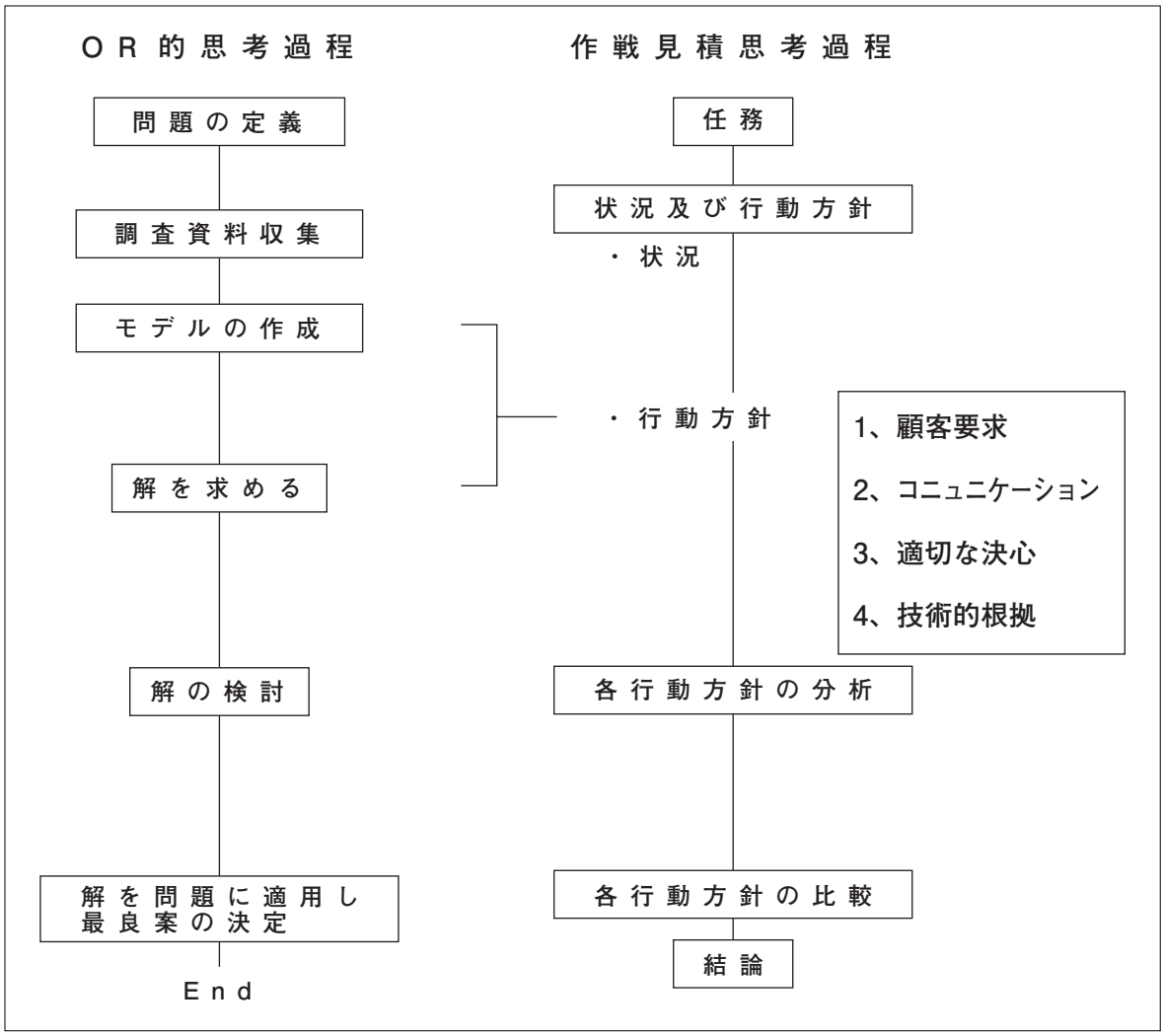


付図16 システムの概念と目線の高さの関係

客観的な回答を得るためには、なるべく全体を見渡して判断することが大切である。図では、星の高さで全体を見渡すことができるジェネラリスト、踏み台の上から観察している担当者よりも、より良い回答を得られることを得ることができる。

ものづくりを成功させる「究極の切り札」は「決断・決心」である。全体を俯瞰し合理的な思考を経て、勇気をもって決断する行為が鍵となる。決定のための哲学的概念を**付図16**に、決定に至るまでの思考過程の代表例を**付図17**に示す。

付　　録



付図17 システム的思考過程（付：作戦見積思考過程）

図17の左側のフローは、システム工学の思考過程を示している。右側のそれは、兵学における作戦幕僚が最良の行動計画を立案する場合に使用する思考過程である。

いずれも最初に、目的を明確にし、関連情報を収集し、あらゆる可能性を考え、可能性の起こる確率を検討し、案（解）を比較し、最も有利な（顧客を満足させる）案を採用することを目指している。

5 ものづくりにおけるリーダー及び初級技術者のあり方・目標

ものづくりのリーダーと組織構成員

ものづくりを成功させるには、情熱を持って先頭に立って勇猛果敢に突き進むリーダーと、その下で働くことをいとわない１つ以上の専門分野を持ち、責任感が強い技術者が居ることが必要であるといわれている。

リーダーや組織構成員のあり方については各論がある。ここでは、もっとも一般的な項目について資料から引用して紹介する。

付表４ 機械工学科の初級技術者の技術的主要資質

区　分	概　　要	実現方法等
倫　理　観	高い技術者倫理観、常識	技術者倫理科目
経　営　観	技術・製品開発管理の基礎 企業構成員感覚、経済感覚	MIL-STD-499Aの適用 想定方式、Roll Play
社　会　性	顧客感覚、協働能力	グループ活動
専門知識	メカトロニクス、機械設計技術者３級程度	講義、実習、演習、審査会議、プレゼン
専門技能	機械加工技能	加工ライセンス取得
基礎能力と自主性	記述、読解、計算力、分析力、問題解決力	演習、ポートフォリオ他（創Ⅳ）とキャリヤデザイン連接

（1）倫理観

現代社会においては、工業の発達に伴って公害を始めとして多くの不都合な現象が発生し、何時まで現今の豊かな社会が持続可能かと問われ始めている。その原因は、無秩序に工業を発展させた技術者の倫理観が低かったためと主張する立場があり、これを完全に否定できないのもまた事実である。これからの技術者は、高い倫理観を持ち、全体を鳥瞰し物事をシステム的に考えた上で物事を判断できることが必要である。

（2）経営感覚

初級技術者もものづくりの全過程を認識しスタッフとして、並行的・先行的・自主的に業務を進めるが必要であることを要求されている。また、就職後には、企業の管理者が念頭に置いている危機管理や着意事項（価格、納期等）についても、ある程度知っていることが必要である。

（3）社会性

企業内構成員として、あるいはプロジェクト構成員として協働参画するためのコミュニケーション能力や、顧客優先に仕事を進めるという社会感覚を体得する必要がある。

（4）専門知識

機械設計技術者３級程度の知識を持ち、企画や会議への参画及びプレゼンテーション能力がることが、初級技術者の職務遂行には必要であることを狙っている。

（5）専門技能

機械加工技能（一部はNC加工を含む）が必要で、知識のほか指定したライセンスを取得し、自ら加工できることが必要である。

（6）基礎力と自主性

近年初級技術者の基礎的能力低下が危惧されている項目について、５年間の創造設計教育細目を通して増強するよう着意すると共に、４学年の創造設計細目（創造設計Ⅳ）においてポートフォリオ作成を義務づける。新たな知識・教訓・ノウハウのデータ化の方法を学ぶほか、これを自らのキャリアデザインへの取り込みにつなげる必要性を根付かせることを目指している。

このような考え方は、組織体における管理者（リーダー）と社員（構成員）の資質と相互関係を理想的なものにすれば、システム的な製品開発が円滑にはかどるという、総合的なものづくりの考え方である。ものづくりに端を発する研究開発の３要素は

ア）人
イ）物
ウ）組織

であるといわれている。

情熱に溢れる人の集団とそれを引っ張る強い意志を持ったリーダーさえ居れば、研究開発は必ず成功するといわれている。情熱にあふれる人の集団は、初級技術者を含む実践力に富んだエンジニアのグループであり、現場の経験を持ったあるいは技術のノウハウを理解できる責任感が強く指導力のあるエンジニアである。更にわが国においては、民族の特性から来る社会性をわきまえた事態処理ができることが大切であるとも言われている。機械工学科の学生は、これら人間形成の重要性にも心を致し勉学する必要がある。

創造設計教育体系が目指すところは、将来の工場長要員である。以下、リーダーのあり及び組織を構成する個人の具備すべき用件について、参考となる事項を述べる。

日本における近代哲学の碩学の一人である梅原猛は、リーダーの条件として次の10項目を掲げている。

・明確な意思を持たなければならない。
・時代の理念が乗り移らなければならない。
・人間を知り、人間を愛さなければならない。
・神になってはいけない。
・怨霊を作ってはいけない。
・修羅場に強く、危機を予感しなければならない。
・意思を自分の表現で伝えなければならない。
・引き際を潔くしなければならない。

（注１：西田派の哲学者）

一見古風に見える10項目を、このように近代哲学者が表現していることは、きわめて大切なことである。

指揮や服従が行われる最も典型的な兵学の世界でも、指揮官については、

・指揮官は組織の行動についての全責任を負う。
・仕事を完全にこなさなければならない。
・組織の団結の中心でなければならない。
・徳操を養い識能を磨かなければならない。
・強い責任感を持たなければならない。
・確固たる意思を持たなければならない。
・積極的に活動し、他の模範とならなければならない。
・常に冷静を保持しなければならない。

・必要なときには勇気をもって決心し、進んで難局に当たらねばならない。

（注２：S.63、陸戦研究）

などの表現がされている。

一方、組織における構成員に必要な資質は、好ましい技術者についてみると、

・問題を発見できる。
・問題解決の方策を考えうる。
・技術的な可能性を検討できる。
・自分のアイディアを主張する勇気がある。
・実行力がある。
・全体から部分を見ることができる。
・改善ができる。

（注３：飯野：技術者になること）

などである。

同様に兵学の面から見ると、組織の構成員（幕僚、兵員）の必要な資質としては、

・関係する仕事に関し知識がある。
・強い責任感を持っている。
・実行力がある。
・誠実で謙虚な人柄である。
・総合的、システム的な判断ができる。
・論理的な思考と表現能力がある。
・強い信念と協調性に富む。
・創造力、企画力及び組織力がある。

（注４：S.63、陸戦研究）

更に、その働き方については、

・適時性（時間に間に合う）を重視する。
・状況に合わせ、先行的に（先行性）物事を処理する。
・上下左右の仕事にあわせ、並行性を持って仕事をする。
・仕事に当たっては、その完全性を重視する。
・結果の報告や文書作成能力がある。
・関係分野の仕事の調整ができる。

（注４：S.63、陸戦研究）

が強調されている。

以上の各例の表現は異なるものの、組織の人のあり方についてはほぼ同様の内容を述べていると見られるので、本校機械工学科の卒業生像にとっても参考となると言えよう。

6 エンジニアリングマネジメントにおける専門工学的活動

付表5 専門工学活動の主たる分野と内容の概要

専門工学活動	工学活動の内容	適　用
信頼性工学	製品の信頼性に関する各種理論、技法を承知し、製品の信頼性向上を図る。(サンプリング、故障理論、ネットワーク理論、信頼性向上法等)	
整備性工学	製品の整備製に関する各種理論、技法を承知し、製品の整備性向上に適用する。(接近性、モジュール化、保用部品、冶具、等)	
安全性工学	製品の製作及び完成品の安全に関する各種理論、技法を承知し、製品の安全性向上に適用する。(ヒヤリハット、機器操作法、製造者責任等)	
人間工学	人間性に関する各種理論、技法及び手段等を承知し、快適な製品を作る。(操作性、快適さ、デザイン性等)	
電磁適合性工学	電磁干渉に関する各種理論、技法を承知し、製品に適用する。(部品配置、雑音電波の発生抑止、雑音除去方法、発生可能電波強度、シールド技法等)	稀であるが、重要
価値工学	発生するデザイン対コストの最適化に関する各種理論、技法を承知し、安価な製品を製作する。(トレードオフ、既製品活用、加工法等)	
保全性	技術保全等に関する技術と理論（略）	

7 エンジニアリングデザイン及びエンジニアリングマネジメントにかかわる研究開発関係書類の例

7.1 運用要求　―乗用自動車の例―

1　使用目的

低迷する販売台数の改善を図り、恒常的な利潤を確保するため、若者に人気があり、安価でスタイルの良い多目的車両を開発する。

2　必要性

（1）今後○年間においては、若者の自動車離れ傾向が継続すると見積もられる。

（2）販売競争に耐え、継続的な利益を得る若者向けの車両が必要であるが、当社には高価な車種しかなく、必要性に対応できない。

20～30歳代前半を購入層とした、安価でメカニクスに富んだ魅力ある車両が必要である。

3　期待する性能

（1）機動性能

市街地及び不正地において良好な機動性を有すること。

（2）形　状

若者が興味と愛着を抱くスタイルであること。

（3）装備品

販売開始時点で、最新式の装備であること。

（4）乗車人員数

約４名

（5）その他

価　格　　○○○万円

安全性に優れていること。

改造によりファミリー化として使用できること。

4　実用構想

（1）販売開始　　○年度

（2）年間予想生産台数　　約○○万台/10年

7.2 期待性能　―乗用自動車の例―

1　使用目的

高騰する燃料価格と若者の自動車離れ傾向は、自動車販売数に影響を与え、自動車総合企業として発展してきた当社の経営の前途に、一抹の不安材料を投げかける恐れがある。

低迷する販売台数の改善を図り、恒常的な利潤を確保するため、若者に人気があり、安価でスタイルの良い多目的車両を開発する。

2　必要性

（1）今後○年間においては、若者の自動車離れ傾向が継続すると見積もられる。

（2）販売競争に耐え、継続的な利益を得る若者向けの車両が必要であるが、当社には高価な車種しかなく、必要性に対応できない。

20～30歳代前半を購入層とした、安価でメカニクスに富んだ魅力ある車両が必要である。

3　期待する性能

（1）機動性能

最高速度　平坦堅硬路　○○　km/h

尋常非舗装路　　○○　km/h

０－400加速　　○○　秒

（2）形　状

ボンネットを有するワゴン形

（3）装備品

販売開始時点で、最新式の装備であること。

不整地走行時の乗員が、汚れたままで常用できること。

（4）積載量

○○立方メートルの、物品積載容積を有すること。

○○kgの積載重量を有すること。

（5）乗車人員数

約４名

（6）その他

価　格　　○○○万円

安全性に優れていること。

改造によりファミリー化として使用できること。

4　実用構想

（1）販売開始　　○年度

（2）年間予想生産台数　　約○○万台/10年

7.3 要求性能　―乗用自動車の例―

1　使用目的

高騰する燃料価格と若者の自動車離れ傾向は、自動車販売数に影響を与え、自動車総合企業として発展してきた当社の経営の前途に、一抹の不安材料を投げかける恐れがある。

低迷する販売台数の改善を図り、恒常的な利潤を確保するため、若者に人気があり、安価でスタイルの良い多目的車両を開発する。

2　必要性

（1）今後○年間においては、若者の自動車離れ傾向が継続すると見積もられる。

（2）販売競争に耐え、継続的な利益を得る若者向けの車両が必要であるが、当社には高価な車種しかなく、必要性に対応できない。

20～30歳代前半を購入層とした、安価でメカニクスに富んだ魅力ある車両が必要である。

３　期待する性能

（1）原動機

多目的燃料エンジン　出力　○○kW/△△rpm

（2）本　体

CFRPを多用した上部構造と、フレームを有する下部構造から構成

最低地上高　　45cm

（3）機動性能

最高速度　平坦堅硬路　○○　km/h

尋常非舗装路　　○○　km/h

０－400加速　　○○　秒

（4）操向性能

パワーステアリングによる、４輪操舵

高速操舵安定性を有すること。

（5）操行性能

高速道路における操行安定性を有すること。

（6）制動性能

常非舗装地　　○○m/時速30km

（7）形　状

ボンネットを有するワゴン形

（8）装備品

販売開始時点で、最新式の装備であること。

不整地走行時の乗員が、汚れたままで常用できること。

（9）積載量

○○立方メートルの、物品積載容積を有すること。

○○kgの積載重量を有すること。

（以下省略）

(18) 乗車人員数

約４名

(19) その他

価　格　　○○○万円

安全性に優れていること。

改造によりファミリー化として使用できること。

４　実用構想

（1）販売開始　　○年度

（2）年間予想生産台数　　約○○万台/10年

7.4 WBS（仕事の細部分解図）

仕事を構造的に分解すること：仕事を終えるためにすること

WBSは設計プロジェクトの構成にとって最も重要な管理ツールである。それによって、プロジェクトの任務のすべてが組織化されるからである。

仕事か概念に関するこの分解は、仕事を階層構造に分解すること（WBS）の主要な考えである。非常に大き

付　　録

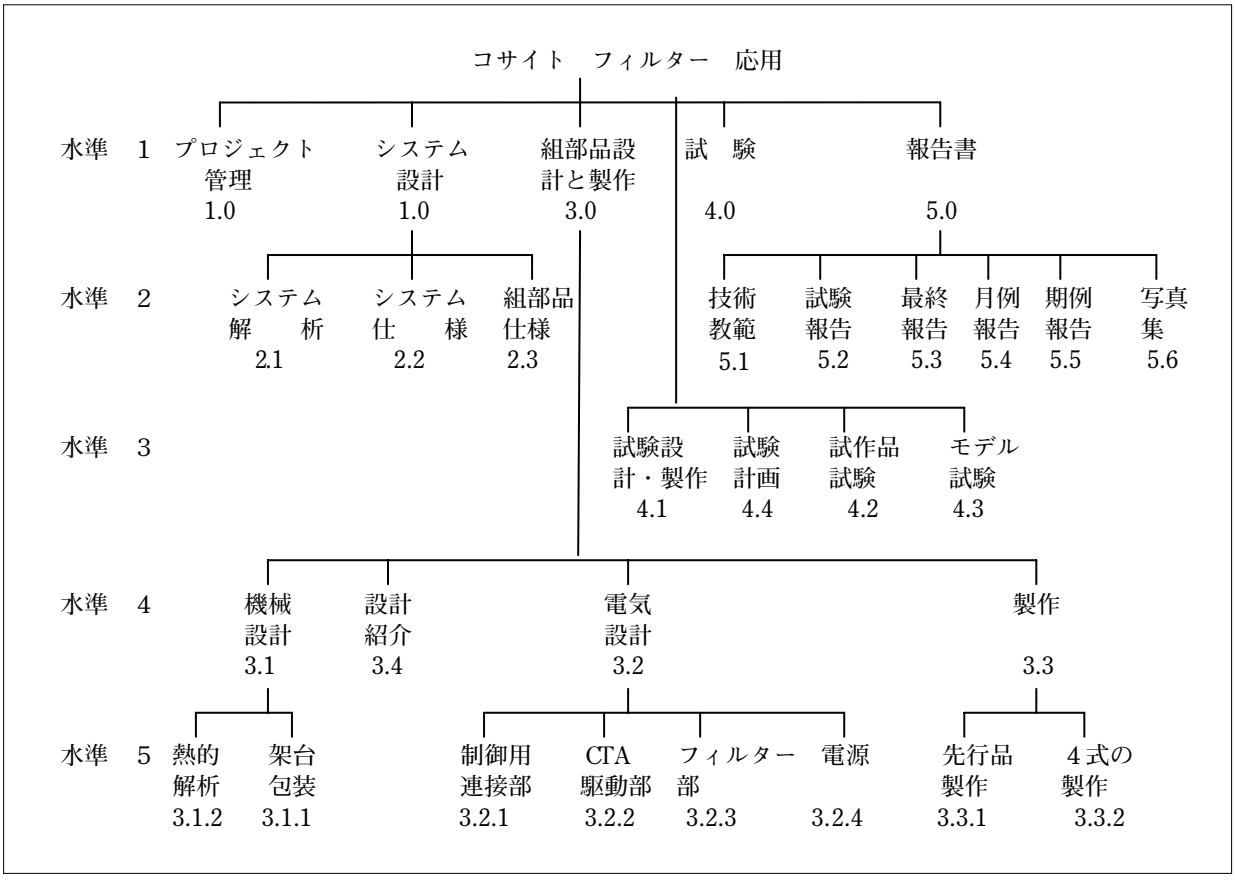
いか難しい任務に直面しているとき、解決のための計画を作る最も良い方法の１つは、仕事を小区分化し、より処理しやすい次級の仕事に分解することである。

WBSはプロジェクトを完成させるに必要なすべての仕事をリストアップしてあり、設計リーダーと設計チームが、仕事のすべてがどのようにしたら、総合的なデザインプロジェクトに合うかを理解するのを助ける。

WBSの内容は、最上位の区分では次の８つの基本任務領域に分ける必要がある。

・顧客の要求を理解すること。
・機能の要求を分析すること。
・代替手段を評価すること。
・選択肢を評価すること。
・代替手段から最良案を選ぶこと。
・デザイン過程を記録すること。
・プロジェクトを管理すること。
・詳細な設計をすること。

実際のWBSの例を、**付図18**に示す。



付図18 企業が作成したWBSの例

7.5 目的のツリー（Objective Tree）

目的のツリーは、達成すべき目的をどのように評価するか、評価基準をどのように設定するかを導き出すために作成する、階層を持ったチャートである。

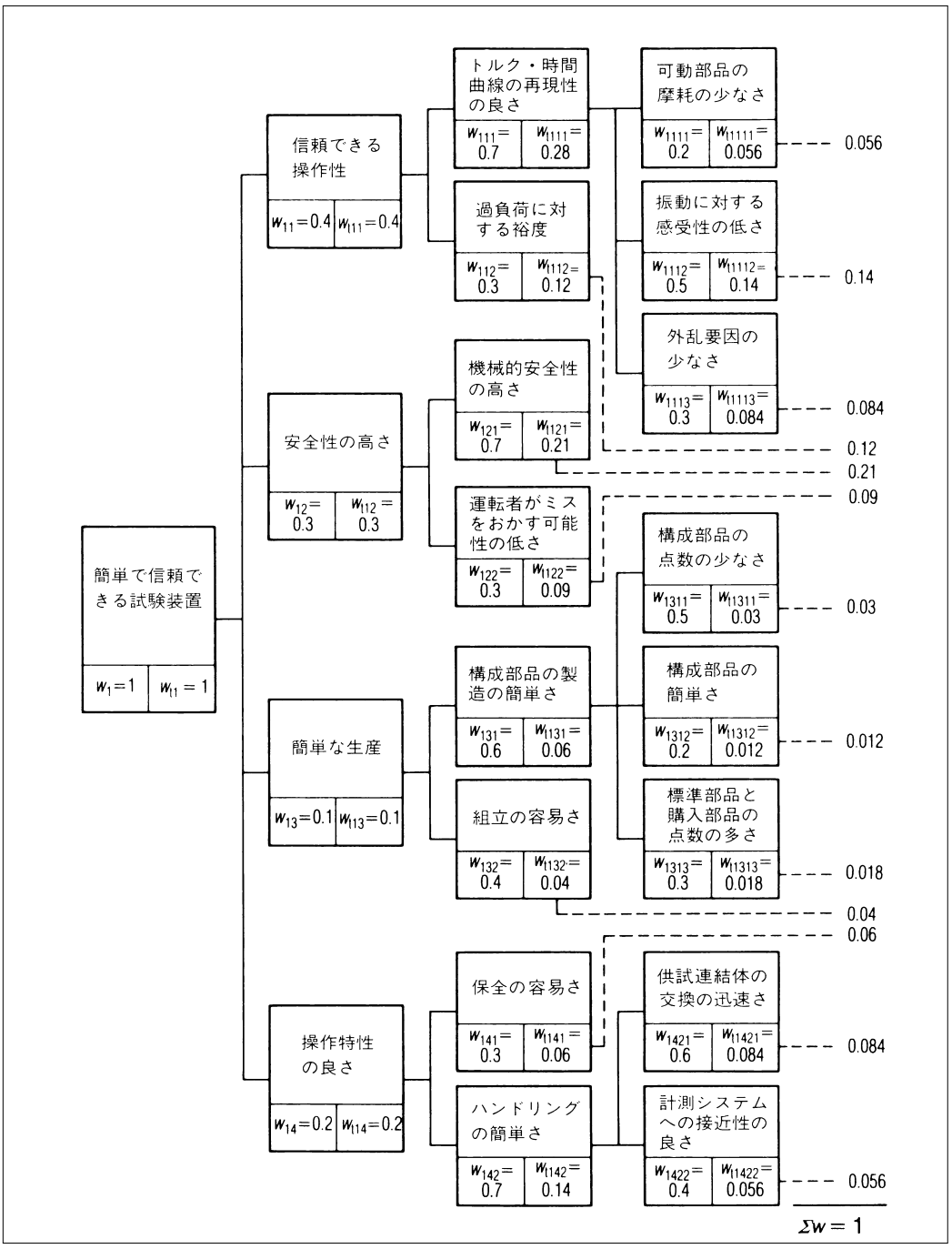
目的の範囲が満足すべき用件は

・評価の要件や制約条件を含むこと

・評価の目的は互いに独立して居ること

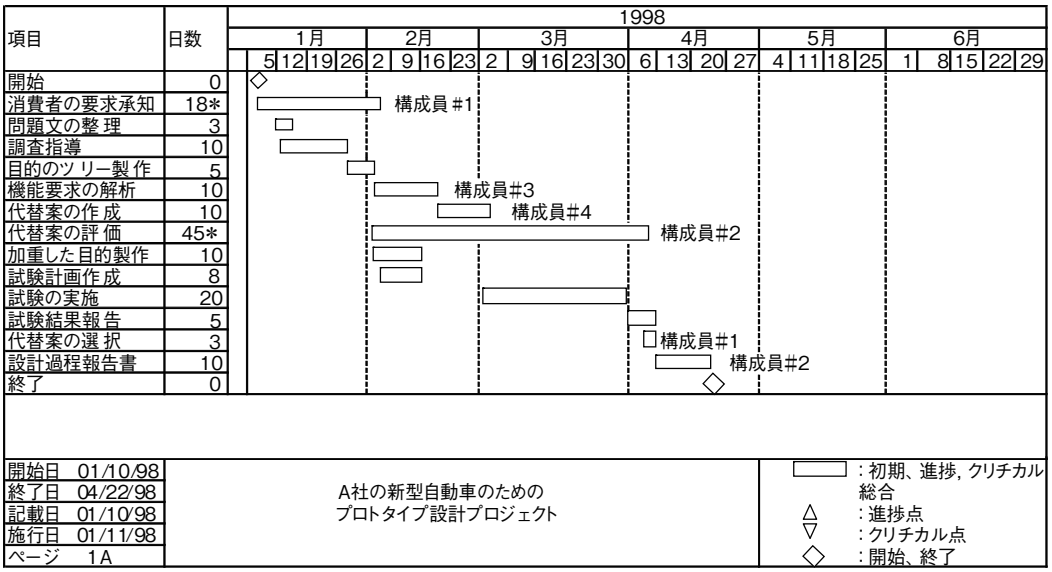
・システムの性質が明確に表現されていること

目的のツリーの例を**付図19**に示す。



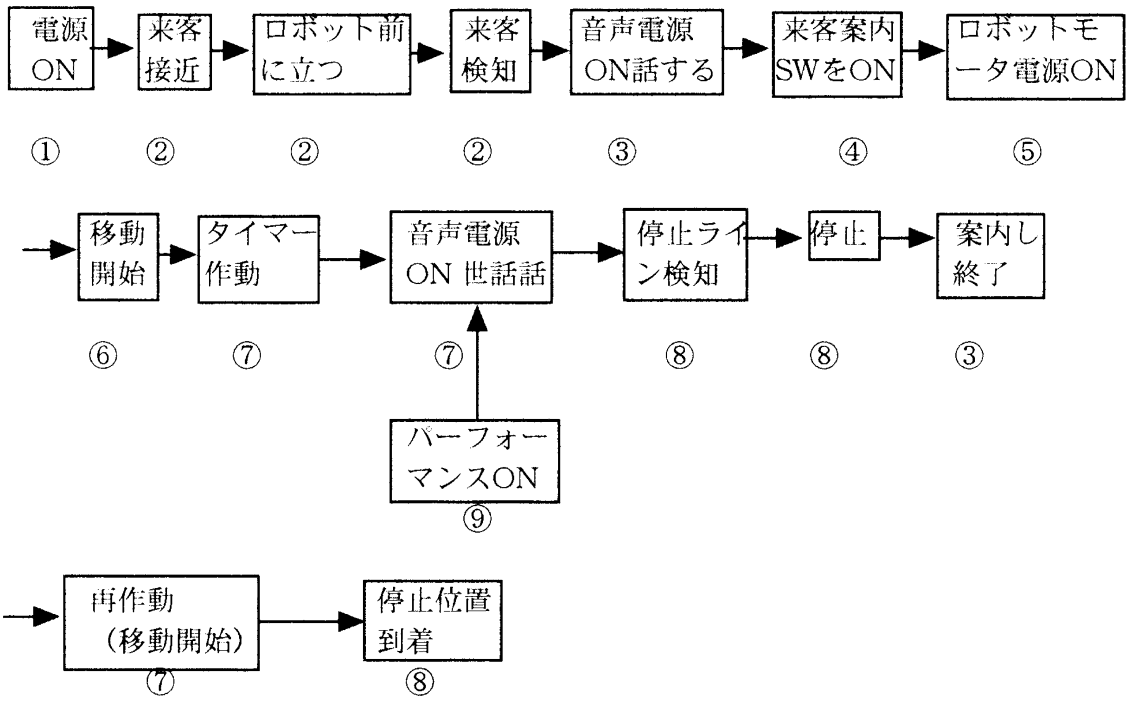
付図19 目的のツリーの例（注：川面他）

7.6 ガントチャートの例



付図20 ガントチャートの例

7.7 ロボット作動ブロック図の例



制御に必要な主要部品等の例

番号	部品名	所用ブロック	備考
1	２点スイッチ	①	主電源用
2	近接センサー（赤外線）	②	スイッチ兼用
3	おしゃべりメモ	③	
4	移動電源スイッチ	④	大型で色つき
5	ピック	⑤	
6	直流サーボモータ	⑥	ギヤ（１／１００）付き
7	タイマースイッチ	⑦	２～３接点
8	赤外線センサー	⑥⑧	
9	リミットスイッチ	⑨	

付図21 ロボット作動ブロック図の例

創造設計Ⅳ　指導マニュアル

２００９年１２月１日　第２版第１刷発行

著　　者　　山田　弘文
金沢工業高等専門学校機械工学科
産学連携によるものづくり技術者育成教育委員会

発 行 者　　金沢工業高等専門学校
〒921-8601 石川県金沢市久安2-270
TEL 076-248-1080
FAX 076-248-5548

文部科学省委託事業

■「ものづくり技術者育成支援事業」（平成19年度）
■「産学連携による実践型人材育成事業」（平成20年度から名称変更）

再生紙を使用しています